

na  
091674436

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2000 年 12 月 7 日 (07.12.2000)

PCT

091674436  
(10) 国際公開番号  
WO 00/73441 A1

- (51) 国際特許分類: C12N 15/12, (72) 発明者; および  
C07K 14/435, A61K 38/02, A61P 35/00 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小瀧豊美 (KO-TAKI, Toyomi) [JP/JP]; 〒300-2521 茨城県水海道市大生郷町2602-9 Ibaraki (JP). 塚田益裕 (TSUKADA, Masuhiro) [JP/JP]; 〒305-0035 茨城県つくば市松代4-25-401-403 Ibaraki (JP). 鈴木幸一 (SUZUKI, Koichi) [JP/JP]; 〒020-0834 岩手県盛岡市永井23-32-23 Iwate (JP). 楊 平 (YANG, Ping) [JP/CN]; 〒020-0133 岩手県盛岡市青山2-6-20-301 Iwate (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/03388
- (22) 国際出願日: 2000 年 5 月 26 日 (26.05.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 北村欣一, 外 (KITAMURA, Kinichi et al.): 〒105-0004 東京都港区新橋2-16-1 ニュー新橋ビル703 Tokyo (JP).
- (30) 優先権データ:  
特願平11/152273 1999 年 5 月 31 日 (31.05.1999) JP  
特願2000/81012 2000 年 3 月 22 日 (22.03.2000) JP (81) 指定国 (国内): CA, US.
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所長が代表する日本国 (JAPAN as represented by DIRECTOR GENERAL OF NATIONAL INSTITUTE OF SERICULTURAL AND ENTOMOLOGICAL SCIENCE, MINISTRY OF AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES) [JP/JP]; 〒305-0851 茨城県つくば市大わし1-2 Ibaraki (JP). (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB).
- 添付公開書類:  
国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: GENE Any-RE, DORMANCY REGULATORY SUBSTANCE, PROCESS FOR PRODUCING THE SAME AND CELL REGULATOR FOR VITAL CELLS

(54) 発明の名称: 遺伝子 Any-RE、休眠制御物質およびその製造方法、ならびに生体細胞の細胞制御剤

(57) Abstract: An insect-origin gene Any-RE having a dormancy regulating activity and a function of regulating vital cells; a dormancy regulatory substance, a process for producing the same, and a cell regulator for vital cells which contains as the active ingredient a physiologically active substance having a function of regulating vital cells and causing no antigen-antibody reaction *in vivo*. This gene encodes a protein having the amino acid sequence Asp-Ile-Leu-Arg-Gly represented by SEQ ID NO:1 in Sequence Listing, having been amidated at the C-end and having a molecular weight of 570.959. A physiologically active substance having this gene is a peptide which can be obtained by adding an aqueous solution of acid-methanol to Japanese tussler, grinding and centrifuging the mixture, treating with HPLC and then isolating and purifying. It can regulate the dormancy of insects, etc. and is also usable as the active ingredient of a cell regulator for vital cells containing the peptide.

/続葉有/

WO 00/73441 A1



---

(57) 要約:

本発明は、昆虫由来の休眠制御活性を有しかつ生体細胞制御機能を有する遺伝子Any-RF、休眠制御物質およびその製造方法、ならびに生体細胞の細胞制御機能を持ち、生体内で抗原抗体反応を起こさない生理活性物質を有効成分とする生体細胞の細胞制御剤を提供する。

配列表の配列番号 1 に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端がアミド化されており、分子量が570,959であるタンパク質をコードする。かかる遺伝子を有する生理活性物質は、天蚕に酸メタノール水溶液を加え、磨砕後、遠心処理し、HPLCシステムによる処理を経て単離、精製して得ることができるペプチドであり、昆虫などの休眠を制御することができるとともに、かかるペプチドを有効成分として含有する生体細胞の細胞制御剤として有用である。

## 明細書

遺伝子 Any-RF、休眠制御物質およびその製造方法、  
ならびに生体細胞の細胞制御剤

## 技術分野

本発明は、遺伝子 Any-RF、休眠制御物質およびその製造方法、ならびに生体細胞の細胞制御剤に関し、特に、前幼虫形態を取る昆虫由来の、休眠制御活性および生体細胞制御機能を有する遺伝子 Any-RF、休眠制御物質およびその製造方法、ならびにガン細胞増殖制御剤に関するものである。本明細書では、本発明において単離・精製した特定のタンパク質をコードする遺伝子を「Any-RF」と命名し、以下必要に応じ、「遺伝子 Any-RF」と略称する。

## 背景技術

従来、昆虫由来の休眠制御活性を有する遺伝子について、また、かかる遺伝子が生体細胞制御機能をも有することについては、何ら知られていない。以下、本発明の理解を容易にするために、休眠制御活性および生体細胞制御機能に関する周辺の技術について述べる。

地球上には 1 0 0 万種ともいわれる程の他種類で多様な昆虫があらゆる環境で強かに、そして力強く生息している。昆虫は、熱帯から、温帯、針葉樹林、氷雪地、砂漠、さらには湖沼地に至る地球のほぼ全域の環境に適応しながら生存している。こうした現象は、昆虫があらゆる環境の中で強かに生き、あるいは生き残るべく多様な機能特性を獲得しているからに他ならない。我々が昆虫世界から学ぶべきものは多い。昆虫の機能特性としては、例えば、生体防御機構や、成長・発育制御機構、広範な天然・合成の化学物質の分解能、生産機能、鋭い感覚機能、行動調節機構、脳・神経機構、媒介機能、あるいは環境適応能などを挙げることができる。

こうした昆虫が持つ環境適応的であつ省エネルギー的な機能を解析することにより、将来的には、最先端の創造的な新しいテクノロジー構築に役立つ貴重な情報が得られる。また、昆虫の持つ機能を解析して、昆虫由来で多様な機能性を持つ生理活性物質を高度に利用する技術を開発することは、人類にとっても重要な意義がある。昆虫から単離し、そして構造決定した生理活性物質は、農業分野や医薬品分野で、高品質のかつ新規な製品を開発するための応用研究の対象としても重要な意義を持っている。

最初に、昆虫の休眠制御機能について述べる。

昆虫が持つ多様な機能特性の中でも特に昆虫の休眠機能は、見事な環境適応現象として特記すべき機能の一つであるといえる。昆虫の休眠を科学する意義は次の通りである。(1) 休眠は、生物が成長を進める過程で完全に発育を停止する現象であり、予期しない高温・低温・食物不足のような悪環境を乗り切るためのエネルギー節約型の生命現象であると捉えることができる。(2) 休眠は、生息環境が発育・成長に悪影響を与える前に、遺伝的に制御するか、または環境情報を解読して、事前に発育を停止するものであり、単なる発育停止とは異なる積極的な環境適応戦略であるといえる。(3) 休眠を制御することが可能となれば、害虫防除や作物種子の発芽促進の重要な実用技術となり、農業分野での応用技術となり得る。

従って、昆虫の休眠制御の機序が明らかとなり、また休眠制御物質の構造が決定され、その機能が解明できれば、これを生物産業分野に応用することができる。すなわち、人間生活にとって有用な生物の発育・成長を自在に制御することが可能となり、また有害な生物の活動を停止させるために人為的に有害生物を休眠させることが可能となることから、21世紀の生物産業の視点から考えると重要な基礎研究である。更に、休眠制御物質の機能解明は、農業分野や医薬品分野で、高品質のかつ新規な製品を開発するためにも重要な意義を持っている。

例えば、鱗翅目昆虫の一種である天蚕は多くの昆虫と同様に、秋口に休眠に入り、休眠越冬後4～5月に休眠から醒める。天蚕は、カイコ同様外見上卵内で胚休眠するが、卵内ではほぼ完全に幼虫体が形成されており、この状態で休眠に入ることから前幼虫態休眠(前幼虫休眠ともいう)の一種であると考えられている。

このタイプとしては、天蚕以外にマイマイガなど鱗翅目昆虫を中心として40種以上知られており、新しい休眠タイプとして分類されるべきである。天蚕の前幼虫休眠には、昆虫の中樞のホルモン系が直接関与するわけではなく、その前幼虫休眠は前幼虫の中胸部位に存在する制御因子（Repressive Factor:RF）によって制御され、また、後休眠は第2腹節～第5腹節に存在する成熟因子（Maturation Factor:MF）によって制御されるというモデルが提案されている（Suzuki et al., *J. Insect Physiol.*, 36, 855-860, 1990、この文献は本明細書中で援用される）。成熟因子に関しては、部分精製され、ペプチド様ホルモンであると報告されている（Naya et al., *Int. Wild Silkmoth & silk I*, 195-200, 1994、この文献は本明細書中で援用される）が、制御因子（休眠制御物質）については未だ単離されていない。

また、胚休眠するカイコでは、休眠ホルモンが誘導ホルモンとして知られており、このホルモンは、24個のアミノ酸から構成されているペプチドホルモンで、C末端がアミド化されている（Imai et al., *Proc. Japan Acad.*, 67B, 98-101, 1991、この文献は本明細書中で援用される）。しかし、胚休眠するタイプでは、これ以外の休眠に関連するホルモンは全く不明であり、また前幼虫休眠するタイプでは、休眠関連ホルモン物質は全く発見されていない。

昆虫以外で、冬眠特異的タンパク質と呼ばれる3種類の物質がシマリスから単離されている（Kondo et al., *J. Biol. Chem.*, 267, 473-478, 1992、この文献は本明細書中で援用される）が、これらのタンパク質は、分子量が27K、25K、20Kと高く、しかも冬眠の前後でその血中濃度が減少し、冬眠中は低濃度である。また、哺乳類では、休眠に関する制御物質はこれまで発見されておらず、例えばワラビー（カンガルーの一種）の胚子休眠の場合は、母親の松果体が休眠に関与すると考えられているが、休眠制御物質は未だ単離されていない。

上記したように、昆虫からは、休眠制御活性を有するタンパク質をコードする遺伝子、有用な休眠制御活性を有する休眠制御物質は、未だ単離されていないこと、またシマリスから単離された冬眠特異的タンパク質は、分子量が高いため抗原抗体反応が起こり易く、しかも冬眠の前後で血中濃度が減少し、冬眠中は低濃度であるという問題があること、さらにまた哺乳類では休眠制御物質がいまだに見出されていないことから、休眠を制御する物質の開発が、昆虫の休眠制御のみ

ならず、休眠現象が確認されている哺乳類の休眠・発育制御までも含めたかなり広範な観点から強く望まれているのが現状である。

これまでは、昆虫の休眠といえば、卵休眠、幼虫休眠、蛹休眠、そして成虫休眠として分類されていた。しかし、生理生化学的に見ると、休眠ステージは以下述べるように複雑であり、内分泌学的に前幼虫休眠というステージも、新たなステージとして分類する必要がある。すなわち、天蚕のように単純に卵休眠に属さず、独特に前幼虫ステージで休眠するものや、ホブラハバチのように蛹休眠には分類されず、その前段階である前蛹ステージで休眠するものがある。従って、これらの昆虫種では、新しい休眠制御ホルモンやその関連物質の存在が期待される。

前幼虫休眠タイプ为天蚕、マイマイカ、ウスバシロチョウ、オビカレハ、カシワマイマイなどの鱗翅目昆虫を中心とした40種以上の昆虫（これらの前幼虫休眠タイプの昆虫としては、梅谷与七郎、蚕の越冬卵より見たる昆虫の卵態越冬現象、蚕糸試験場報告、12:393-481(1946)およびUmeya Y., Studies on embryonic hibernation and diapause in insects, Proc. Jpn. Acad., 26, 1-9(1950)に記載されており、これらの文献は本明細書中で援用される）に作用する休眠制御物質についても、未だ単離されていない。このような休眠制御物質を単離・同定することが農業、林業、医薬などの分野で強く望まれ、また同物質を経済的かつ効率的に合成するための製造技術の開発が望まれている。

天蚕（正式和名：ヤママユ、学名：Antheraea yamamai Guerin-Meneville）は、わが国を原産地とし、江戸時代から飼育の記録があり長い歴史を持つこと、最近人工飼料が開発されて幼虫の飼育が容易になったこと、一般的に農家段階で飼育されていることから、飼育に関する情報が多く、しかも入手が容易であると共に、年1回発生し、卵で越冬する。家蚕（カイコ）幼虫が専ら桑の葉を食べるのに対して、天蚕はクスギ、コナラ、カシワ、アハマキなどの葉を食べる。養蚕農家が家蚕幼虫を飼育するのに対して、野生の天蚕幼虫は、自然状態で発生・生育する。天蚕種の孵化率は低い、繭糸から絹糸となる割合（糸歩）は極めて少なく、また、繭糸をとる作業が困難であるため、希少価値としての意義がある。天蚕絹糸1kgの価格が20万とも30万円ともいわれ、絹のダイヤモンドと呼ばれるほど希少価値があるのはこのためである。野蚕である柞蚕絹糸の配合率が増加した絹織

物では糸の滑りが抑えられ、縫目の滑脱抵抗が改善できるため好んで用いられる。そのため、将来、大型絹糸昆虫である天蚕を利用した分野の発展が大いに期待される。従って、天蚕の生活環境制御に関連した制御因子の単離や構造決定の重要性はますます高まっている。

これまで、天蚕の休眠制御物質の同定が遅れていた理由は次の通りである。休眠制御物質の存在は1990年に予測されていた（Suzuki et al., J. Insect Physiol. 36, 855-860, 1990、この文献は本明細書中で援用される）が、抽出法の改良と精製のためのカラムの選択に多くの時間を費やし、予期するような活性画分を単離、精製することができなかった。その主要な理由としては、同定する物質が極めて低分子の短いペプチド（以下、「低分子ペプチド」と称することもある。）であり、抽出と適切なカラムの選択に予想外の困難性があったためである。従って、前幼虫より休眠制御物質を得る際に、収率、効率、経済面で優れた精製方法の確立と容易な製造方法が望まれているのが現状である。

次に、細胞増殖制御機能を有する昆虫由来の物質について述べる。昆虫由来の生理活性物質には、いわゆる生体防御物質として知られている抗菌性ペプチドがあり、これは150種類以上にもおよび、それらの多くが単離され、構造決定されている。しかし、昆虫由来で抗腫瘍活性を持つ新規物質発見の歴史は短く、新規物質に関する知見は少ない。

昆虫由来の抗ガン性物質には、例えば、セクロピンと呼ばれるペプチドがある。最近、セクロピア蚕から単離され、構造決定されたものであり、その構造決定後、類似の構造を持った物質が多くの昆虫から単離され、同定されている。セクロピンは、リンパ腫や白血病の培養細胞に対して抗腫瘍作用があると報告されている（Moore, A. et al., Peptide Res. 7, 265-269, 1994、この文献は本明細書中で援用される）。セクロピンの遺伝子がヒトの膀胱ガン由来の培養細胞に遺伝子組換えされ、その細胞をヌードマウスに注射した結果、腫瘍細胞の成長が制御（抗ガン性）されることが実証されている（Winder, D. et al., Biochem. Biophys. Res. Commun. 242, 608-612, 1998、この文献は本明細書中で援用される）。

また、モンシロチョウの蛹から単離された高分子量タンパク質は、ヒトの胃ガン細胞（TMK-1）のようなガン細胞に対して強い細胞毒性を有し、ガン細胞の増殖

を制御し、最終的にはアポトーシスを誘発する特異的な生理活性を示すことが報告されており、このタンパク質はピエリシン(pierisin)と命名されている (Koyama et al., Jpn. J. Cancer Res., 87, 1259-1262, 1996; Kono et al., 1997; Watanabe et al., 1998、これらの文献は本明細書中で援用される)。この細胞毒性とは、最終的にアポトーシス(細胞死)を誘導し、その結果、抗がん性があるということを示すものである。

上記したようなセクロピア蚕からの単離タンパク質(セクロピン)およびモンシロチョウの蛹からの単離タンパク質(ピエリシン)はそれぞれ、約4 kDaおよび98 kDaという高分子量生理活性物質である。これら既知の生理活性物質は、がんの生細胞において細胞死を誘導することによりがん細胞を効率的に減少させるが、がん細胞周期のステージを確実に変化させ、がん細胞を一旦休止状態にさせることは不可能であるという問題がある。また、セクロピンが、ヒトのがん細胞の増殖を制御させ得ることが報告されているとしても、実用的な視点からすると、生体に適用した場合、高分子量のタンパク質は生体内で抗原抗体反応を起こすので、セクロピンなどを生体に対して使用することは望ましくないという問題がある。そこで、がん細胞の増殖阻害物質として、昆虫由来の生理活性物質であり、がん細胞の増殖制御機能のような生体細胞の細胞制御機能を持ち、しかも生体に投与した際に、抗原抗体反応を起こさない生理活性物質の出現が強く望まれている。

#### 発明の開示

本発明の目的は、昆虫由来の遺伝子Any-RF、休眠制御物質およびその製造方法、ならびに生体細胞の細胞制御機能(例えば、がん細胞の増殖制御機能)を持ち、生体内で抗原抗体反応を起こさない生理活性物質を有効成分とする生体細胞の細胞制御剤(例えば、がん細胞の増殖制御剤)を提供することにある。そのために、昆虫の前幼虫体より、休眠制御活性、生体細胞の細胞制御機能を有する遺伝子Any-RF、休眠制御物質、生体細胞制御剤を効率的にかつ経済的に単離、同定、精製する。



本発明の遺伝子Any-RFは、配列表の配列番号1に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端がアミド化されており、分子量が570,959であるタンパク質をコードするものであり、休眠制御活性を有し、天蚕の前幼虫由来のものである。

本発明の休眠制御物質は、配列表の配列番号1に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端がアミド化されており、分子量が570,959である。

本発明の休眠制御物質は次のようにして製造できる。例えば、天蚕前幼虫体などのような鱗翅目昆虫の前幼虫体を粉砕したものにメタノール：水：酢酸からなる酸メタノール液を加え、乳鉢内で摩砕後、遠心処理し、得られた上清を逆相高速流体クロマトグラフィおよび混合分離モード高速液体クロマトグラフィからなるHPLCシステムに導入することにより単離・精製して得られるか、または公知のペプチド合成装置を用いて公知の方法に従って得られる。

本発明の遺伝子Any-RFを有する休眠制御物質を、休眠覚醒させるように発育が運命づけられた休眠中の前幼虫などに対して投与すると、運命づけられた休眠覚醒を延長させたりまたは停止させたりすることができる。そのため、休眠することが確認されている生物に対して本発明の休眠制御物質を適用することにより、これらの生物が休眠する本質である低エネルギー代謝の生命機構を解明することが可能となる。この物質は、最終的には長寿促進物質の開発のためのリード化合物ともなり得る。

本発明の休眠制御物質は低分子ペプチドであるので、生体外から投与しても抗原抗体反応が起こり難く、しかも格別の発育制御活性を有していることから、この構造そのままでも種々の休眠型生物に直接投与できる。その上、この低分子ペプチドと同じ構造を有する合成ペプチドを生体外から投与することによって、可能性のある種々の機能について簡易に試験・研究ができるという利点がある。

また、本発明の生体細胞の細胞制御剤、例えばガン細胞増殖制御剤は、配列表の配列番号1に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端がアミド化されており、分子量が570,959であるペプチドを有効成分として含有するものである。このペプチドは、上記したように、天蚕の前幼虫由来のものである。

り、同様にして得られる。

さらにまた、本発明の生体細胞の細胞制御剤、例えばガン細胞増殖制御剤は、上記したような配列表の配列番号 1 に示すアミノ酸配列から N 末端の Asp を欠いたアミノ酸配列、Ile-Leu-Arg-Gly を有し、C 末端がアミド化されており、分子量が 456.58 であるペプチドを有効成分として含有するものであってもよい。

本発明の生理活性物質であるペプチドは、5 個のアミノ酸からなるペンタペプチド（分子量 570.595）、または 4 個のアミノ酸からなるテトラペプチド（分子量 456.58）であるため、蚕由来のセクロピン（分子量約 4 K）およびモンシロチョウ由来のピエリシン（分子量 9.8 K）と比較して、生体に投与しても抗原抗体反応が起こり難く、しかも格別顕著な抗ガン活性を有している。かくして、本ペプチドのような低分子ペプチドは、ヒトだけでなく、家畜などの高等動物に対しても、そのままの形で生体外から直接投与でき、この投与によって抗ガン機能を発揮させることができるという利点を持っている。

さらにまた、本発明の生理活性物質であるペプチドは、抗原抗体反応を起こすことのない細胞増殖制御効果のある新しい医薬ともなり得る。本発明の遺伝子 An y-RF を有する低分子ペプチドは、副作用を伴わずに効率的にガン細胞の増殖を阻害する機能を持つので、ヒトの子宮ガン、肝臓ガン、肺ガン、胃ガン、乳ガンなどの細胞増殖を効率的に制御し、ひいては生体細胞の細胞制御を効率的に行うことができる。

この生理活性物質は、ガン細胞の生細胞を増加させない機能を持つとともに、生存するガン細胞に対して、ガン細胞の周期ステージを変化させ、一旦休止状態にさせる点に大きな特徴がある。この点において従来の如何なる抗ガン剤の作用機序とも異なっており、医薬品として極めて有用である。すなわち、本発明の生理活性物質は、DNA 複製期に相当する S 期を減少させ、静止期の G 0 ならびに第 1 期に符合する G 1 期を延長させる機能を持つ。これに対し、セクロピンにしるピエリシンにしる、生細胞を減少せしめることによりガン細胞の増殖を制御する機能を持ち、正常細胞への悪影響（アポトーシス）を引き起こすことによりガン細胞の増殖を阻害しているに過ぎない。かくして、本発明の生理活性物質は、上記セクロピンやピエリシンを含めた従来の抗ガン剤が持つ正常細胞へのアポト

ーシス問題を解消し、静止期にある多くの正常細胞へは影響もなく、増殖細胞だけを制御するという優れた働きを持ち、ガン細胞の増殖を効率的に阻害する。

一般に、細胞周期においてはG 0 期とG 1 期が最も長い時間を要するといわれている。その両ステージを増大するように作用する本発明の生理活性物質は、従来報告されている昆虫由来のガン細胞制御効果物質とは根本的に異なっている。従来のものはアポトーシスに伴う核の凝縮や断片化を誘導し、その結果、生細胞数を減少せしめるものである。しかし、本発明の生理活性物質の機能は、細胞周期のG 0 とG 1 を増大しS 期を減少させ、その結果、生細胞の細胞周期が長時間となり、最終的には増殖を制御することにある。従って、本発明の生理活性物質は、ガン細胞増殖において細胞死を誘導するのではなく、細胞周期を制御し細胞の増殖を制御することで細胞数が増えないように作用している。

本発明の生理活性物質は、上記したように、生理活性機能の一つとして、天蚕前幼虫の休眠を長く維持するように作用する。一般に生物の休眠とは、細胞の増殖が停止し低エネルギー状態を維持することが特徴と考えられている。従って、この物質の機能を多面的に応用する一例として、哺乳類のガン細胞増殖を制御する目的においても活用できる。さらに、多くの生物細胞の増殖を抑えると考えられるので、細胞レベル・個体レベルでの培養細胞の長期保存剤としても利用できる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の休眠制御物質の単離、精製プロセスを示すフローシートであり、

図2は、本発明の休眠制御物質の単離プロセスにおける第1回目のHPLCシステム（逆相HPLC）による活性画分の溶出ピークを示すスペクトルであり、

図3は、本発明の休眠制御物質の単離プロセスにおける第2回目のHPLCシステム（逆相HPLC）による活性画分の溶出ピークを示すスペクトルであり、

図4は、本発明の休眠制御物質の単離プロセスにおける第3回目のHPLCシステム（混合分離モード）による活性画分の溶出ピークを示すスペクトルであり、

図5は、本発明の休眠制御物質である単離精製物のペプチドの分子質量を測定

した質量分析スペクトルであり、

図6は本発明の休眠制御物質と同じアミノ酸配列を有し、かつ、C末端も同じ合成ペプチドの分子質量を測定した質量分析スペクトルであり、

図7は、本発明の休眠制御物質と同じアミノ酸配列を有するが、C末端が異なる合成ペプチドの分子質量を測定した質量分析スペクトルであり、

図8(A)は、前血清を注射した天蚕前幼虫で、休眠継続の状態を示す写真であり、また、図8(B)は、抗血清を注射した天蚕前幼虫で、休眠覚醒の状態を示す写真であり、

図9は、DILRG-NH<sub>2</sub>またはDILRG-COOHによるラット肝ガン細胞(dRLh84)の形態学的変化と増殖制御を示す顕微鏡写真であり、

図10は、DILRG-NH<sub>2</sub>またはDILRG-COOHによるラット肝ガン細胞(dRLh84)の増殖制御効果を、濃度と生細胞数との関係で示すグラフであり、

図11は、DILRG-NH<sub>2</sub>またはPBS(-)によるラット肝ガン細胞(dRLh84)の増殖制御効果を、培養時間と生細胞数との関係で示すグラフであり、

図12(A)は、PBS(-)を添加した場合のラット肝ガン細胞(dRLh84)の細胞周期変化を示すスペクトル(対照区)であり、また、図12(B)は、RF-NH<sub>2</sub>を添加した場合のラット肝ガン細胞(dRLh84)の細胞周期変化を示すスペクトル(実験区)であり、そして

図13は、DILRG-NH<sub>2</sub>によるラット肝がん細胞(dRLh84)の増殖制御効果を、他の物質による増殖制御効果と比較して示すグラフである。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明で利用できる昆虫には、前幼虫体で休眠するタイプの昆虫であれば、天蚕のみならず、上記したような、世界的な森林の大害虫であるマイマイガ、ウスバシロチョウ、オビカレハ、カシワマイマイの他40種以上の鱗翅目昆虫の幼虫、およびキリギリス類などの直翅目昆虫の幼虫などが含まれる。本発明では、遺伝子Any-RFを単離するための対象昆虫として、入手が容易であり、かつ飼育に関する情報の多い天蚕の幼虫を便宜的に使用する。以下、天蚕を中心に本発明を説明

する。最初に休眠制御物質について説明し、次いで生体細胞の細胞制御剤について説明する。

本発明の休眠制御物質は、上記したように、休眠制御機能を持つ新規ペプチドであり、N末端より5サイクルまでのアミノ酸配列がAsp-Ile-Leu-Arg-Glyであって、C末端が遊離酸化された化合物ではなく、アミド化された低分子物質（分子量：570.959）である。このことは、後述する実施例に示された合成物の生物検定試験からも、C末端がアミド化されたものにだけ活性機能があることから明らかである。この物質は、例えば天蚕の前幼虫から単離、精製することもできるし、アミノ酸配列が解明できているので、従来の方法で合成することもできる。

天蚕のような鱗翅目昆虫から得られた前記休眠制御物質と同様のアミノ酸配列を持つ組成物は、上記の多様な鱗翅目昆虫および直翅目昆虫の休眠を効率的に制御する。このことは、生物の概日リズム（生物時計）の点からも自明である。すなわち、Beck, S.T., *Insect photoperiodism*, pp. 288, Academic Press, London (1968) および近藤孝男、植物の生物時計、化学と生物、28:810-819 (1990)（これらの文献は本明細書中で援用される）には、概日リズムを利用して、動物の生殖活動（カンガルーの休眠も含まれる）、昆虫の休眠、植物の花芽形成（休眠も含まれる）など多くの生物の発生現象をコントロールすることが示されているからである。

上記したように、天蚕の前幼虫休眠の維持に関与する制御因子であるペプチドのアミノ酸配列構造は、Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH<sub>2</sub>である。このペプチドは、コンピューターサーチ（BLASTおよびFASTA）によっても既知のものがなく、生物界において新規の休眠制御活性ペプチドである。これを *Antheraea yamamai*-Repressive Factor (略称Anv-RF) と命名した。5個のアミノ酸のC末端がアミド化されている本ペプチドは、本発明が完成されるまで、生物界では、フリーの存在様式としては見出されていなかった。しかし、いくつかの生物タンパク質のアミノ酸配列の中には、同じ ---Asp-Ile-Leu-Arg-Gly--- の配列がみられる。例えば、コンピューターサーチによれば、イーストの仮説22.1KDタンパク質（193個のアミノ酸）の166～170番までの配列、ヒトの白血病阻止因子前駆体（2

02個のアミノ酸)の142~146番までの配列が同じである。しかし、この部分のアミノ酸配列の機能についてはまったく明らかにされていない。すなわち、アミノ酸配列が同じでも、本ペプチドのように、N末端とC末端の間に介在し、C末端がアミド化してフリーの存在様式で生理機能を有するものは、まったく見出されていない。

従って、本発明により、昆虫内分泌学上従来全く知られていない物質で昆虫の休眠性を制御する新規ペプチドホルモンが分離、同定でき、昆虫休眠メカニズムの機構が初めて明らかとなった。休眠する生物は、昆虫だけではなく海産生物、植物、そして哺乳動物のワラビー(カンガルーの仲間)まで確認されているので、本発明の休眠制御物質を用いることにより、それらの生物が休眠する本質である低エネルギー代謝の生命機構を解明するための重要な手がかりが得られる。将来的には長期にわたり生命維持を促進させる物質となり、最終的には長寿促進物質開発のためのリード化合物となり得る。

また、本発明において、天蚕から見出された新規ペプチドは、5個のアミノ酸から構成されるペンタペプチドであるので、生体外から投与しても抗原抗体反応が起こりにくい。しかも、このペプチドは、休眠打破(休眠覚醒)用の人工合成物により休眠覚醒化が完全に運命づけられた天蚕の休眠覚醒を遅らせ、しかも休眠覚醒率を減少させるほどの発育制御活性を有している。このことから、この構造そのままで、生物の概日リズムの点からみて、違った昆虫種のみならず、海産動物、植物、哺乳類にも直接投与できることは前記文献からも自明である。

上記したように昆虫の休眠覚醒化を運命づけるには、通常、(1)休眠中のいかなる時期の卵でも適用できる方法として、ピンセットを使用しながら除殻し、休眼前幼虫を取り出し、この前幼虫の腹面に、アセトンに溶解したイミダゾール化合物(1-ベンジル-5-[(E)-2,6-ジメチル-1,5-ヘプタジエニル]イミダゾール(以下、KK-42と称す))を0.1 $\mu$ g/0.5 $\mu$ l塗布する方法と、(2)ステージが限定された方法として、産卵後約1ヶ月間25℃に保存し、その後2~3ヶ月間2~5℃で低温処理する方法との2種類がある。休眠制御機能を明らかにするには、上記2種類の方法のいずれかで休眠覚醒化を運命づけた前幼虫の24時間後のものに対して、休眠制御物質を接種すればよい。例えば、ガ

ラスキャピラリー管を利用し、蒸留水に溶解した各種濃度の本発明の休眠制御物質水溶液  $0.05 \mu\text{l}$  を該前幼虫に対して、その頸部などから経皮的に、あるいは経口的に接種する。

本発明の休眠制御物質は、昆虫では、カイコに限らず、かなり広範な昆虫種において、しかもその昆虫種の各ステージにおいて、多様な発育制御物質として作用するものであるといい得る。従って、本発明の新規ペプチドは、前幼虫昆虫の休眠制御物質であるばかりでなく、他の昆虫および哺乳類などまでを含めた広範な動物に対する発育制御剤としても優れた生理機能を有するといえる。

上記したように、本発明のペントペプチドは、前幼虫というステージに限らず、他のステージにおいてもその機能を発現するものと期待される。すなわち、昆虫は一般に前幼虫（卵内で幼虫体が形成されている）の次の段階は、孵化して幼虫ステージとなる。この幼虫ステージで休眠するヨトウガをはじめとする多くの昆虫でも、同じ物質が同様に見出される可能性がある。なぜなら、昆虫のホルモン類は、違う昆虫でしかもステージが異なれば、同じ物質でも違う機能を発現することがよく知られているからである。例えば、幼若ホルモンの場合、鱗翅目昆虫の幼虫（例えば、ヨトウガ幼虫）では、休眠維持や幼虫形質の維持として作用するが、鞘翅目昆虫の成虫（例えば、コガタリハムシ成虫）では、生殖腺刺激作用を示し、欠如すれば休眠維持となることから類推できる。従って、今回天蚕から単離された新規ペプチドは、カイコに限らず、かなり広範な昆虫種で、しかも各ステージで多様な発育制御物質として作用する可能性がある。

昆虫休眠に関する従来既知の物質としては、前記したように、カイコの休眠ホルモンがわずかに報告されているに過ぎない。これはペプチドアミドで、昆虫の多くのペプチドホルモンがこのグループに分類され、C末端が共通して、Phe-X-Pro-Arg-Leu-アミドとなっている。すなわちFXPRIアミドファミリーの一種である。しかし、この休眠ホルモンは、カイコで休眠誘導に関与するホルモンであり、休眠維持の機能はない。

カイコの場合は、母親の蛹期の食道下神経節から分泌される休眠ホルモンが卵巣に作用し、その後に産卵した卵内の胚子の休眠を決定づける。すなわち、休眠ホルモンの作用の時期と休眠が実行される時期に時間的な開きが存在している。

ところが、天蚕の場合には、新規ペプチドの作用と休眠の実行が同じ時期にあるということか特徴である。しかし、本発明の新規ペプチドは構造と機能とも既知の休眠ホルモンとはまったく異なるものである。

また、本発明のペプチドは5個のアミノ酸からなるオリゴペプチドの一種であることから、昆虫以外の生物種においては、休眠制御物質または発育制御物質としての可能性だけではなく、例えば哺乳類などの睡眠調節物質の作用も期待される。特に、高等動物においては、上記したように、本ペプチドのように短い低分子のペプチドは抗原とはなり難いので、合成ペプチドによる生体外からの投与によって、可能性のある機能について簡易に試験研究できるという特徴を持っている。さらに本発明の新規ペプチドは、抗原抗体反応がなく、細胞増殖制御効果のある新しい医薬となり得る。

脱皮・変態を制御するエクダイソンや幼若ホルモンなどの昆虫で最初に発見された生理活性物質は、今日では昆虫はもとより、甲殻類（カニやエビ類）、環形動物（ゴカイやミミズ類）、あるいはトガリバマキやヒナタイノコズチなどの植物からも発見されるようになった（川島誠一郎編、内分泌学、pp. 159、1995、この文献は本明細書中で援用される）。また、これまでカイコの休眠を誘導するホルモンとして知られていた休眠ホルモンも、例えばオオタバコガ、アワヨトウなどの他の昆虫で発見されているFXPRILアミドファミリーに属するものとされている。このような事実から判断すると、本発明のペンタペプチドは、天蚕以外の他の昆虫からも同様に単離・同定できる技術的蓋然性が非常に高い。

さらに、天蚕は、前幼虫ステージだけではなく蛹のステージでも、夏眠と呼ばれる生理現象があり、約1ヶ月の短期間ではあるが8月頃休眠する。昆虫の蛹休眠は、脱皮ホルモン（エクダイソン）の欠如で休眠するとされている。従って、今回発見されたペンタペプチドが天蚕の蛹休眠だけではなく、モンシロチョウ、サクサン（柞蚕）、アメリカシロヒトリ、タバコガ類などの他の昆虫の蛹休眠をも制御する技術的蓋然性が非常に高い。すなわち、ペンタペプチドは、低エネルギー代謝という特定の生理状態を保つ機能（天蚕前幼虫の休眠維持の機能を指す）を有していることから、ステージか蛹で、同じ生理状態を長期間維持する他の昆虫の蛹休眠においても、同じように作用すると考えられる。従って、蛹休



眠するモンシロチョウ、サクサン、アメリカシロヒトリ、タバコガ類などからも、同様なペンタペプチドが発見され得る。一方、蛹休眠だけではなく、他の昆虫の幼虫期で発見される可能性もある。すなわち、すでに述べたように、昆虫ホルモンでは、昆虫種が異なり、ステージが異なれば、同じ構造物質でも異なる機能を有することがある。そこで、同じペンタペプチドならびにその関連物質は、多くの昆虫種から、休眠制御因子または発育制御因子として同定できるであろう。

本発明においては、天蚕の前幼虫体内から新規ペプチドを単離、同定するために、産卵後1ヶ月以内の休眠中の卵から前幼虫を摘出し、直ちに液体窒素で凍結し、その後は単離プロセスで使用するまで $-80^{\circ}\text{C}$ で保存する。単離プロセスでは、図1に示した方法に従って、前幼虫に10倍容の酸メタノール液（例えば、メタノール：水：酢酸 $=90:9:1$ ）を加え、乳鉢内で磨砕後、10,000gで30分間遠心処理してその上清を調製する。この操作を3回繰り返し、合わせた上清を遠心バポライザーで濃縮し、次いで得られた上清をHPLCシステムに導入すればよい。

酸メタノール液に酢酸を用いる理由は、次の通りである。この抽出法は他の昆虫のペプチドホルモンを抽出する際にも使用されており、酢酸を添加することによって、90%以上のプロテアーゼ活性を制御し、ペプチドの分解を抑えることができる。酸メタノール液としては、メタノール：水：酢酸 $=90:9:1$ （容量%）が最適であるが、この範囲に特に限定されるわけではない。

なお、該ペンタペプチドは、上記したような多くの昆虫種の個体全体から、図1に示した方法に従って、天蚕前幼虫と同じ方法で抽出できる。直接体液から抽出する場合には、幼虫体の脚などの生体組織の一部を切開することで体液を流出せしめ、図1のメタノール：水：酢酸 $=90:9:1$ の水の部分の部分を体液に置き換えることで調製した90%酸メタノール液を氷冷中で混合し、その後、図1に従って抽出するとよい。

前幼虫の取り出し方としては、上記したように産卵後1ヶ月以内の休眠卵を用いるとベストであるが、その理由は次の通りである。産卵後約10日から休眠開始して20日以内は、休眠の深度が強いと考えられるが、一般に昆虫の休眠は、さらに時間が経過すれば浅くなるためである。本発明において、天蚕の前幼虫1.

500頭より最終的に得られるホルモン様物質である休眠制御物質は、かなり少量である。表1記載の活性と約571という分子量から推定すると、天蚕の前幼虫1、500頭より本発明の昆虫の休眠制御物質が僅か21、4 $\mu$ g単離され得ると算出されるに過ぎない。ところが、天蚕は、カイコと比較して完全な人工飼料も開発されておらず、産卵技術も困難であることから、1卵当たり5〜20円という高価格になる。従って、天蚕を用いて本発明の新規生理活性物質を調製するには効率的、経済的に引き合わない。

一般に、ホルモン様物質の抽出で重要な要因となるのは、高い回収率を得るために原材料として何を選ぶかという点および効率よく分離するためにカラム樹脂として何を選ぶかという点であるが、合成できればそれに越したことはない。しかるに、上記したように休眠制御物質のアミノ酸配列が判明したので、この配列を持つ活性物質を従来の方法で経済的に、効率的に合成できる。

新規ペプチドの遺伝子が同定できれば、昆虫のみならず、多くの生物種を含んだ生物産業分野で幅広い応用が可能となり、自在に生物の発育制御が実現できる。そこで、このペプチドのアンチセンス遺伝子組み換え体、すなわち、ペプチド遺伝子と対になる遺伝子を導入し、本来の遺伝子発現を制御する方法で、休眠しないマイマイガを創出し、これを放飼すれば、地球上のマイマイガの個体数は減少し北米の森林産業に多大な経済的貢献が期待される。また、該ペプチドを各種の培養細胞の培地添加剤として用いることで、培養細胞の長期保存が可能となるので、培養細胞の長期保存剤の開発にも繋がり、最終的には、昆虫培養細胞のための長期保存剤の開発を進める上での技術の核となり得る。

次に、本発明の生体細胞制御剤について説明する。

上記したように、前幼虫休眠タイプの天蚕、マイマイガ、ウスバシロチョウ、オビカレハ、カシワマイマイなどの鱗翅目昆虫および直翅目昆虫を中心とした40種以上の広範な昆虫に特異的かつ効率的に作用する休眠制御活性を有する生理活性物質に関する発明について明らかにした。さらに、本発明者らは、この生理活性物質が生体細胞の効率的な制御活性、例えば、ガン細胞の効率的な増殖制御活性を有するものであることも見出した。すなわち、上記した遺伝子Any-RFは、配列表の配列番号1に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端が

アミド化されており、分子量が570,959であるタンパク質をコードするものであり、この生理活性物質がガン細胞の増殖を効率的に制御すること、ひいては生体細胞を効率的に制御する活性を有することを見出したものである。

本発明の生体細胞の細胞制御剤、例えばガン細胞の増殖制御剤は、上記したペントペプチドを有効成分として含有するものである。本発明の有効成分である生理活性物質は、上記したように、N末端より5番目までのアミノ酸配列がAsp-Ile-Leu-Arg-Glyであって、C末端がアミド化されているものである。この有効成分は、上記したように単離・精製して得ることもできるし、または公知のペプチド合成装置を用いて公知の方法に従って調製することもできる。

本発明の生理活性物質は、例えばガンの生細胞を効率的に減少させることができ、ガン細胞周期のステージを確実に変化させ、ガン細胞を一旦休止状態にさせる方向へと移行させることが可能になる。このような機能を持つ生理活性物質は有効なガン細胞増殖制御剤として用いられ、ひいては抗ガン剤として実用化できる可能性がある。従来の抗ガン剤が持つ正常細胞への悪影響（アポトーシス）問題を解消し、静止期にある多くの正常細胞へは影響がなく、増殖細胞だけを制御するという優れた働きを持つ。また、この生理活性物質は、生体細胞の細胞制御因子(cell regulator)として細胞増殖を可逆的に制御できるものであり、例えばガン細胞の増殖を効率的に制御でき、しかもアミノ酸5個から成る低分子量のペントペプチドであり、生物界では新規物質である。さらにまた、この生理活性物質は、既知のセクロピンまたはピエリシンとは構造上の類似性は全く無く、しかも、例えばラットの肝ガン細胞などの増殖を効率的に制御すると同時に、ガン細胞を制御するメカニズムについても従来技術には無い特徴ある制御機構を示す。すなわち、細胞周期を改変する特徴を有し、細胞増殖を可逆的に制御することが可能である。また、細胞周期のメカニズムを解明する上でも有用な生理活性物質である。

ガン細胞の増殖の場合、その周期ステージは、以下述べるような通常の細胞増殖と同様に、基本的な細胞周期に依存するものであるが、細胞増殖は、そのチェックポイント制御系に異常が発生することで進行しつづける。ここで、チェックポイント制御系とは、細胞周期にミスが発生し、破滅的な遺伝的損傷が細胞に起

こるのを防ぐシステムを意味するものであり、こうした機能を利用すれば細胞周期を制御できる。このような細胞増殖とは逆に、成長分化し終えた細胞の場合、G 0 期（静止期）で細胞分裂は起こらない。一般的に、成長過程の細胞は次のような細胞周期ステージを展開する。すなわち、G 0 期（静止期）からG 1 期（DNA複製決定期）へと進み、次いで、S期（DNA複製期）を経て、G 2 期（有糸分裂準備期）からM期（細胞分裂期）へと進行する（本明細書中では、G 2 /M期と略記）。その後、再びG 0 期へと進むか、またはG 0 期を経ないで直接G 1 期（DNA複製決定期）（本明細書中では、G 0 /G 1 期と略記）へと進むこともある。

本発明の生理活性物質は、ガン細胞数を増加させない機能を有するとともに、生存するガン細胞の周期ステージを大きく変化させる点に大きな特徴があり、DNA複製期に相当するS期を減少させ、静止期のG 0 およびDNA複製決定期に対応するG 1 期を延長させる機能を持つ。かくして、本発明の生理活性物質がガン細胞の増殖を効率的に阻害することになる。本発明における天蚕由来の生理活性物質がガン細胞の増殖を効果的に阻害することは、上記のように特定のガン細胞周期ステージに特異的に効果を現すことから明らかである。

本発明の生理活性物質は、上記したように、生理活性機能の一つとして、天蚕前幼虫の休眠を長く維持するように作用する。一般に生物の休眠とは、細胞の増殖が停止し低エネルギー状態を維持することが特徴と考えられている。従って、この物質の機能を多面的に応用する一例として、哺乳類のガン細胞増殖を制御する目的においても活用できる。さらに、多くの生物細胞の増殖を抑えることが予想され、細胞レベル・個体レベルの長期保存剤の開発にも利用できる。

一般に、タンパク質は、実際に生体に適用される場合、その分子量が大きいと、生体内で抗原抗体反応を起こすので、大きな障害となる。上記したように、蚕由来のセクロヒンは分子量が約4 Kであり、また、モンシロチョウ由来のヒエリシンは9.8 Kであるので、生体に投与すると抗原抗体反応が起こり易い。これに対し、本発明における天蚕由来の生理活性物質は、5.71、9.59と低分子量のペプチドであるので、昆虫以外の生物種においては生体に投与しても抗原抗体反応が起こり難いという特徴を有し、昆虫などから分離・精製されたペプチド

でも合成されたペプチドでも有効な効果を発揮できる。従って、抗ガン活性という特異的な機能を有しているこのペプチドは、そのままでも種々の動物に直接投与できる。高等動物においても、本ペプチドのような低分子ペプチドは抗原とはなり難いので、該ペプチドの生体外からの投与によって、抗ガン機能を発揮させることができるという特徴を持っている。脊椎動物の免疫グロブリンによる抗原抗体反応では、生体外から侵入するのが低分子のオリゴペプチドであれば抗原とはならないからである。さらに、合成ペプチドによる生体外からの投与によって、可能性のある機能について簡易に試験・研究できるという特徴もある。

さらに、本発明のペプチドは、上記したように抗原抗体反応を起こすことがなく、しかも細胞増殖制御効果をもっているので、新しい医薬、または抗ガン剤開発のリード化合物としても有望である。しかも、ガン細胞の生細胞を増加させることのない機能を保つとともに、生存するガン細胞に対して、ガン細胞の周期ステージを変化させ、細胞増殖を一旦休止状態にさせるという大きな特徴を持っている。この点は、従来の如何なる抗ガン剤の作用機序とも異なっている。すなわち、一般に、細胞周期においてはG 0 期とG 1 期が最も長い時間を要するといわれている。本発明の生理活性物質は、DNA複製期に相当するS 期間を減少させ、静止期のG 0 ならびに第1 期に符合するG 1 期を延長させる機能を持つ。かくして、その両ステージを増大するように作用する本発明の生理活性物質は、従来報告されている昆虫由来のガン細胞制御効果物質とは根本的に異なっており、ガン細胞の増殖を効率的に阻害する。これに対し、セクロピンにしろピエリシンにしろ、従来のものはアポトーシスに伴う核の凝縮や断片化を誘導し、その結果、生細胞数を減少せしめるものである。しかし、本発明の生理活性物質の機能は、細胞周期のG 0 とG 1 を増大しS 期を減少させ、その結果、生細胞の細胞周期が長時間となり、最終的には増殖制御をすることにある。従って、本発明の生理活性物質は、ガン細胞の増殖において細胞死を誘導するのではなく、細胞周期を制御し細胞の増殖を制御することで細胞数が増えないように作用している。

上記生理活性物質は、天蚕の前幼虫態休眠だけではなく、天蚕で前幼虫以外のステージで、または天蚕以外の昆虫で、例えば、同じステージで休眠する昆虫種や他のステージで、また、サクサンやクスサンのような他の野蚕でも、当該生理

活性物質を単離できる可能性はある。昆虫ホルモンでは、昆虫種が異なり、ステージが異なれば、同じ構造物質でも異なる機能を有することがあるからである。すなわち、昆虫の休眠は、天蚕の場合のように前幼虫態休眠するだけでなく、カイコのように胚子休眠する種、ヨトウのように幼虫休眠する種、サクセンやモンシロチョウのように蛹休眠する種、そしてサミテントウやハムシ類のように成虫休眠する種などに分類されている。あらゆる休眠形態からでも本発明における生理活性物質は単離できると当然に予想され得る。従って、同じヘンタペプチドならびにその関連物質は、多くの昆虫種から、ガン細胞増殖制御因子のような細胞制御因子として同定できる。該ヘンタペプチドは、このような多くの昆虫種の個体全体から、上記したように、図1に示した方法に従って抽出できる。

ガン細胞の増殖を制御する機能を持つヘンタペプチドはまた、上記したように、コンピュータサーチ（BLASTおよびFASTA）によっても既知のものが無く、生物界においては新規な抗ガン機能を持つペプチドである。

天蚕由来の上記生理活性物質はまた、休眠維持の機能以外に、ガン細胞の増殖制御機能のような生体細胞制御機能を持つ物質であることが明らかとなった。この物質は、それ自体が生体細胞の細胞制御剤として有用であることに加え、将来的にはガン治療薬を含めた新規医薬品開発のためのリード化合物として重要となるものと考えられる。

以上述べたように、本発明により、昆虫内分泌学上従来全く知られていない物質で、生体細胞の細胞制御因子である生理活性物質が始めて明らかになった。

本発明の遺伝子Any-RFを有する低分子ペプチドは、副作用を伴わずに効率的にガン細胞の増殖を阻害する機能を持ち、ラットの肝ガン細胞の増殖を制御することから、ヒトの肝ガン、肝臓ガン、肺ガン、胃ガン、乳ガン、子宮ガンなどの細胞増殖を効率的に制御し、ひいては生体細胞の細胞制御を効率的に行う蓋然性が極めて高い。

本発明において細胞制御剤とするためには、通常の薬剤と同様に、例えば経口的には、錠剤、糖衣錠、硬質カプセル剤、または軟質カプセル剤等の固形剤の形や、溶液、エマルジョン、または懸濁剤等の液剤の形の種々の投与形態の製剤とすることができる。また、これらの製剤の調製に当たっては、製剤化のための周

知の各種添加剤、例えば賦形剤、安定剤、防腐剤、溶解剤、湿潤剤、乳化剤、滑沢剤、甘味剤、着色剤、香味剤、緩衝剤、酸化防止剤等を任意に配合して製剤化することができる。本発明の細胞制御剤としての有効量は、一般に50～350 mg/kgであり、好ましくは100～200 mg/kgである。その投与方法は、生体内に投与できる方法であれば手段を選ばず、例えば、経口投与でも、静脈注射でも、腹腔内投与などでもよい。

本発明の上記生理活性物質であるペプチドは、従来のセクロピンやピエリシンと比べて、生体内での副作用がほとんどなく、また、急性毒性も観測されなかった。すなわち、ラットとマウスとに対して、それぞれ体重1 kg当たり0.5 gの本発明のペプチドを経口および経皮の2通りの方法で投与し、所定の方法で毒性試験を行ったところ、いずれの動物にも痙攣や嘔吐のような急性毒性は観測されなかった。さらに、毒性試験後の各動物の生殖器官の精巣を摘出して、その組織について顕微鏡により観察したが、異常性は認められなかった。また、本発明のペプチドは、低分子量のペプチドであるため、安全性からみても抗原抗体反応は起こり難い。

なお、本発明におけるアミノ酸配列Asp-Ile-Leu-Arg-Glyに対する塩基配列としては5'-GAY-ATH-YTN-MGN-GGN-3'が考えられる。

#### (実施例)

次に、本発明を実施例および比較例に基づき詳細に説明するが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。以下の実施例では、単離ペプチドと同じ配列構造を有する合成ペプチドを用いて次の各種試験を行った。

##### (1) 活性画分の単離

本発明の休眠制御物質を、図1に示すプロセスに従って、以下のようにして単離、精製した。

産卵後1ヶ月以内の天蚕の休眠中の卵から前幼虫を摘出し、直ちに液体窒素で凍結し、その後は使用するまで-80℃で保存した。約1,500頭(約6g)の前幼虫に10倍容の酸メタノール液(メタノール:水:酢酸=90:9:1(容量%))を加え、乳鉢内で磨砕後、10,000gで30分間遠心処理してその上清を得た。この操作を3回繰り返し、合わせた上清を遠心バポライザーで濃縮

した。濃縮液を100℃で10分間熱処理し、10,000gで15分間遠心処理した。かくして得られた上清に、上清の最終濃度が80%になるように冷アセトンを添加し、10,000gで15分間遠心処理して沈殿物を得た。この沈殿物を水に溶解し、HPLCシステムに導入した。まず、ミリボア社のミリボアフィルター(SLLH R04 NL, 0.5  $\mu$ m)を通したものを逆相カラムによる高速液体クロマトグラフィーで2回溶出処理し、最後に混合分離モードカラムによる高速液体クロマトグラフィーで溶出処理し、単離精製物を得た。

この単離方法における最初の逆相高速液体クロマトグラフィー(RP-HPLC)では、カラムとしてTSKge! ODS-80Ts(東ソー株式会社製)を使用し、2回目のRP-HPLCシステムでも同じカラムを使用した。3回目の逆相とイオン交換モードを備えた混合分離モード高速液体クロマトグラフィーでは、カラムとしてRSpak XX-614(昭和電気株式会社製)を使用した。いずれのシステムでも、0.1%トリフルオロ酢酸(TFA)水溶液(容量%)にアセトニトリルを添加しながら、アセトニトリルの濃度(%)勾配を変化させ、その濃度勾配を利用しながら活性画分を溶出した。吸光度は220nmで測定し、流速は1ml/分または0.5ml/分とした。

## (2) 生物検定

一般に、制御因子の活性測定では、非休眠タイプを利用し、休眠誘導率をもって判定するが、天蚕においては非休眠系統は存在しない。そこで、休眠中の前幼虫にイミダザール化合物KK-42で休眠覚醒化の処理を施し(Suzuki et al., Int. Society for wild Silkmoth, 79-84, 1989; Suzuki et al., J. Insect Physiology, 855-860, 1990、これらの文献は本明細書中で援用される)、2-4時間後に活性画分を注射し、休眠覚醒までの平均日数の遅延と休眠覚醒率の減少とに基づいて休眠制御機能を判定することにした。

## (3) N末端アミノ酸配列決定

N末端アミノ酸配列は、プロテインシーケンサーにより決定した。単離・精製した休眠制御物質のN末端アミノ酸配列を、ヘプチドシーケンサーのG1000A(ヒュウレットパッカード(Hewlett Packard)社製)によって解析した。

## (4) 質量分析

MALDI-TOF MS (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time-of-Flight



ht質量分析計) (Voyager PerSeptive Biosystems社製)を用い、単離・精製した物質およびこの物質と同じアミノ酸配列を有するペプチドを既知の方法で合成した試料とを、それぞれ、0.5  $\mu$ l宛この質量分析計のサンプルプレート穴に注入し、0.1%トリフルオロ酢酸(TFA)水溶液とアセトニトリルとを50:50(容量%)の割合で混合したものの中に $\alpha$ -シアノ-4-ヒドロキシ桂皮酸( $\alpha$ -CHCA)を飽和せしめた等量のマトリックスと混合した。乾燥後、陽イオン化マトリックスとして分子質量を決定した。

#### (5) ペプチドの合成

上記のようにして単離・精製した本発明のペプチドの一次構造に完全に一致する5個のアミノ酸からできているペプチドを次のようにして合成した。すなわち、ペプチド合成装置(PSSM-8、株式会社島津製作所製)を用いて、通常の方法に従ってペプチドAsp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH<sub>2</sub>(DILRG-NH<sub>2</sub>またはRF-NH<sub>2</sub>と称す)およびAsp-Ile-Leu-Arg-Gly-COOH(DILRG-COOHまたはRF-COOHと称す)を合成した。精製は逆相カラム ULTRON VX-ODS (20mm $\times$ 250mm、信和化工(株)製)をHPLCのシステム(LC-10A、(株)島津製作所)に接続して行った。溶出は、8ml/分の流速で、0.1%TFAの存在下でアセトニトリルの濃度勾配(0~5分は1~5%、5~35分は5~60%)を用いて行い、活性画分を溶出した。吸光度は220nmで測定した。精製したペプチドは、サンプルプレート上で等量のマトリックス(50%アセトニトリル/0.1%TFA  $\alpha$ -CHCAを飽和させたもの)と混合した後乾燥させ、MALDI-TOF MS (Voyager PerSeptive Biosystems社製)によって純度を確認した。

上記の方法に従って、DILRG-NH<sub>2</sub>(純度:95%以上、HPLCとTOF-MSで検定)およびDILRG-COOH(純度:95%以上、HPLCとTOF-MSで検定)の2種類を合成し、以下の実施例で用いた。

#### (6) 細胞と培地組成

ラット肝ガン細胞(dRLh84)を用い、この細胞の培養には、4mMグルタミン、50U/mlペニシリン、100  $\mu$ g/mlカナマイシンが含有された10%ウシ新生児血清を含むダルベッコ変法イーグル培地(DMEM)を使用した。上記細胞について、37℃で5%CO<sub>2</sub>を含む湿潤環境下で細胞培養を行った。

### (7) ガン細胞の増殖制御アッセイ

φ100mmのディッシュ（一般的にはシャーレ）に生育している細胞の古い培地を除いてPBS（-）（リン酸生理緩衝液からCaイオンとMgイオンを除去したもの）で1回洗浄した。10%トリフシン液1.5mlを加え、均一となるように静かにディッシュ全体に行きわたらせた後は、1mlを除いて37℃で5分間保温し、顕微鏡で細胞が底から剥がれているのを確認した。次いで、新しいDEME培地を9.5ml加え、ピペッティングにより細胞を1個1個バラバラにして浮遊させた。この浮遊液を1/20希釈率でφ100mmのディッシュ（総量は10ml）に植え込み、これをインキュベーターに入れ、24時間培養した。所定の濃度になるように各ディッシュにそれぞれのペプチドを添加して37℃で培養し、24時間および48時間経過後の時点で血球計算板を用いて細胞数を計測し、細胞増殖制御機能を検討した。

### (8) 形態的観察

各ペプチドで処理した細胞を遠心分離により回収した後、これに100μlの1/2PBS（-）を加え懸濁せしめた。次ぎに、カルノア固定液を2滴加えて懸濁させ、カルノア固定液を1ml加え重層した。この重層液を静かに攪拌し、室温で5分間静置した後遠心分離（4,000rpm、5分）し、上清を除いて、少量のカルノア固定液を添加し懸濁せしめた。この懸濁液をスライドガラス上に1滴滴下し風乾した。さらに、細胞上に固定液1滴を滴下し、再び風乾した。これにギムザ染色液を重層し、30分間室温で染色したのち水洗し、風乾後封入を行った。顕微鏡下で核の変化を観察した。

### (9) フローサイトメトリー（FACS）解析

各ペプチドで処理した細胞を70%エタノールを用いて4℃で4時間固定した。固定した細胞をPBS（-）で洗浄後、2mg/mlのRNaseAを用いて37℃で30分間処理し、RNAを分解した。その後、ヨウ化プロピジウム（25μg/ml）により30分以上染色し、ナイロンメッシュを用いて濾過した。フローサイトメーター（Becton Dickinson社製、FACSVANTAGE）により10,000個の細胞の蛍光強度（細胞あたりのDNA含量）を解析した。

（実施例1）活性画分の単離：

約1,500頭の天蚕前幼虫から休眠制御物質を単離、精製するために、上記「(1) 活性画分の単離」の項で詳細に述べたプロセスを用いた。第1回目のRP-HPLCシステムでは、溶出時間11～17分に活性画分が溶出された(図2)。図2において、aは80%アセトン沈殿のTSKgel ODS-80Tsカラムによる逆相HPLCパターンを示し、bは0.1%TFA水溶液中におけるアセトニトリル濃度を示し、cは抑制因子の活性画分を示す。この活性画分を注入した第2回目のRP-HPLCシステムでは、約3分に溶出される最初のピークに活性画分が確認された(図3)。図3において、aは第1回HPLC(図2)によって得られた活性画分のTSKgel ODS-80Tsカラムによる逆相HPLCパターンを示し、bは0.1%TFA水溶液中におけるアセトニトリル濃度を示し、cは抑制因子の活性画分を示す。次いで、この活性画分を注入した第3回目の混合分離モードHPLCシステムでは、約9.5分に溶出されるピークに活性が認められた(図4)。図4において、aは第2回HPLC(図3)によって得られた活性画分のRSpak NX-614カラムによるHPLCパターンを示し、bは0.1%TFA水溶液中におけるアセトニトリル濃度を示し、cは抑制因子の活性画分を示す。この一連の操作により、単離精製は終了したものととして、以下のようにして、休眠前幼虫約1,500頭からの最終活性画分をペプチドシーケンサー(前記Hewlett Packard社製のG1000A)で分析した。

#### (実施例2) 制御物質の構造決定:

実施例1で得られた休眠制御物質100 $\mu$ lを純水に溶解後、休眠制御物質25 $\mu$ lを含んだ水溶液を用いてN末端より10サイクルまで配列解析した。その結果、休眠制御活性を持つ活性物質のアミノ酸配列は、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyであることが確認された。該活性物質のC末端がアミド化(-NH<sub>2</sub>)されているのか、または遊離酸化(-COOH)されているのかを調べるため、この単離精製物および前記合成ペプチドをMALDI TOF MS(質量分析計)を用いて分析した。単離精製物においては571.858と572.846とに大きな2つのピークが認められ(図5)、合成ペプチドのAsp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH<sub>2</sub>では571.959に最大ピークが認められ(図6)、そして合成Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-COOHでは573.045に最大ピークが認められた(図7)。

かくして、生体内においては両タイプのアミノ酸配列が存在しているものと考

えられるので、真の活性本体がどちらのC末端を有するものであるかを明らかにするため、以下の実施例で、単離精製物、および両タイプの合成ペプチドによる生理活性を検討した。

(実施例3) 単離精製物と合成ペプチドの生物検定：

単離精製物と、これと同じアミノ酸配列をもち、かつ、C末端がアミド化されたタイプおよび遊離酸化されたタイプの2種類の合成ペプチドとを、休眠覚醒化を運命づけるためにイミダゾール化合物KK-42で処理した休眠中の天蚕前幼虫に注射し、幼虫の休眠覚醒の状態および休眠覚醒までの平均日数を調べると共に、休

眠覚醒率を評価した。すなわち、アセトンに溶解したKK-42を、一頭当たり0.1  $\mu\text{g}/0.5 \mu\text{l}$ の量で幼虫の腹側に塗布することによって、100%休眠覚醒させた。休眠覚醒処理をした後、24時間の時点で一頭当たり0.05  $\mu\text{l}$ の蒸留水を注射したものを対照区とした。単離精製物の場合は、蒸留水0.05  $\mu\text{l}$ に前幼虫からの単離精製物100 pmolsが含まれるように濃度調整したものを注射し、また、合成ペプチドのアミド化タイプと遊離酸タイプの場合は、一頭当たり100 pmols/0.05  $\mu\text{l}$ を注射した。いずれの場合も、休眠中の個体数、休眠覚醒した個体数、死亡個体数、休眠覚醒に要する平均日数を調べ、休眠覚醒率を評価した。得られた結果を表1に示す。

(表1)

単離精製物および合成ペプチドが天蚕前幼虫の休眠覚醒に及ぼす影響						
注射した試料 (注射量)	N	昆虫の数			休眠覚醒に 要する日数	休眠覚醒率 (%)
		休眠	休眠 覚醒	死亡		
対 照 区 (蒸留水、0.05 $\mu\text{l}$ )	10×3	0	30	0	5.79±0.67	100
精製ペプチド (単離精製物)	10×3	17	13	0	6.46±0.80 *	43.3
合成ペプチド (100 pmols/0.05 $\mu\text{l}$ )						
Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH <sub>2</sub>	10×3	14	16	0	6.72±0.75 **	53.3
Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-COOH	10×3	3	27	0	5.78±0.77	90.0

有意性 : \*  $P < 0.03$  ; \*\*  $P < 0.002$

表1から明らかなように、対照区の休眠覚醒までの平均日数は5.79日、休眠覚醒率は100%であった。単離精製物では、休眠覚醒までの平均日数は6.46日であり、対照区と比較して約一日延長し、しかも休眠覚醒率は43.3%

まで減少した。合成ペプチドでは、遊離酸タイプが休眠覚醒までの平均日数、休眠覚醒率とも対照区のデータに近似しており、アミド化タイプが休眠覚醒までの平均日数、休眠覚醒率とも単離精製物のデータに極めて近似していた。以上の結果は、単離し同定したペプチドのC末端がアミド化されており、このことが休眠維持の生理機能として重要であることを明らかにするものである。

従って、天蚕由来の制御因子のアミノ酸配列構造は、Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH<sub>2</sub>であり、その分子質量は、質量分析スペクトルのピーク測定値からプロトンの質量1を減ずればよく、570.959 Daであることがわかる。

(実施例4) 合成ペプチドの生理活性：

構造決定した本発明のペプチド（C末端がアミド化されているペプチド）と同じ構造のペプチドを前記と同様にして合成し、その合成ペプチドの活性と濃度の関係を解析した。すなわち、イミダゾール化合物KK-42（0.1  $\mu$ g/0.5  $\mu$ l）を休眠中の天蚕前幼虫に塗布して休眠覚醒処理し、この休眠覚醒処理した前幼虫に合成ペプチドを注射することによって、休眠覚醒をどれ程阻止できるかを調べるため、休眠個体数、休眠覚醒数、死亡個体数を調べ、休眠覚醒率を評価した。

まず、休眠覚醒作用を持つイミダゾール化合物KK-42をアセトンに溶解し、この溶液を休眠中の天蚕前幼虫の腹側に一頭当たり0.1  $\mu$ g/0.5  $\mu$ l塗布した。KK-42で処理した後24時間の時点で0.05  $\mu$ lの蒸留水を注射し、その後24時間の時点で2回目の蒸留水を注射し、更に、2回目の注射後24時間の時点で3回目の蒸留水を注射し（以下の表2中では、それぞれ対照-1、2、3として表す）、それぞれの時点で休眠覚醒率を評価した。また、天蚕を休眠維持させるための活性を持つ合成ペプチドを、一頭当たり100 pmol/0.05  $\mu$ l注射し（対照と同様に1回、2回、3回注射し、それぞれを×1、×2、×3として表す）、それぞれの区について休眠覚醒率を評価した。得られた結果を表2に示す。

(表2)

---

合成ペプチドの量が天蚕前幼虫の休眠覚醒に及ぼす影響

---

注射した試料 (注射量×回数)	N	昆虫の数			休眠覚醒率 (%)
		休眠	休眠 覚醒	死亡	
対照区 - 1 (蒸留水、0.05 $\mu$ l × 1)* <sup>1</sup>	10×3	0	30	0	100
対照区 - 2 (蒸留水、0.05 $\mu$ l × 2)* <sup>2</sup>	10×3	1	29	0	96.7
対照区 - 3 (蒸留水、0.05 $\mu$ l × 3)* <sup>3</sup>	10×3	3	27	0	90
合成ペプチド					
Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH <sub>2</sub> (100 pmol/0.05 $\mu$ l × 1)	10×3	14	16	0	53.3
Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH <sub>2</sub> (100 pmol/0.05 $\mu$ l × 2)	10×3	21	9	0	30
Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH <sub>2</sub> (100 pmol/0.05 $\mu$ l × 3)	10×3	26	4	0	13.3

\* 1 : KK-42 で処理してから 2 4 時間後に 1 回目の注射を行った。

\* 2 : 1 回目の注射から 2 4 時間後に 2 回目の注射を行った。

\* 3 : 2 回目の注射から 2 4 時間後に 3 回目の注射を行った。

表 2 から明らかなように、前幼虫の休眠中幼虫、休眠覚醒幼虫、死亡幼虫の個体数ならびに休眠覚醒率でみると対照 - 1、2、3 は類似した傾向を示す。すなわち、蒸留水の注射回数が増えてもほぼすべての前幼虫は休眠覚醒状態にある。これは、KK-42 処理により天蚕前幼虫の休眠を覚醒するように運命づけされている場合、蒸留水を注射しても KK-42 の活性を妨げることはないことを意味する。一方、合成ペプチドの場合は、1 回注射した場合に比べて 2 回注射した場合には休眠覚醒率を 53.3% から 30% まで減少でき、3 回注射した場合にはさらに 13.3% まで減少させることができる。以上のことは、構造決定した新規ペプチドが休眠を維持する因子であることを具体的に証明するものである。

(実施例 5) 抗血清注射による休眠制御因子の証明：

本発明のペプチドに  $\epsilon$ -Acp (アミノカプロン酸) とシスチンを結合した Cys- $\epsilon$ -Acp-Asp-Ile-Leu-Arg-Gly-NH<sub>2</sub> (CXDILRG-NH<sub>2</sub>) を合成し、キャリアタンパク質として KLH を使用して、ペプチド~KLH コンジュゲートを作製し、これを免疫源としてフロインド完全アジュバンドと共に国産ウサギに注射して免疫した。ELISA で抗体産生を確認しながら、2 ヶ月の免疫期間後全採血した。このようにして抗体が産生された血清を抗血清として実験に使用した。なお、注射前に採血したものは抗体が産生されておらず、前血清として対照区に使用した。

休眠中の天蚕前幼虫に前血清と抗血清とをそれぞれ、一頭当たり 0.1  $\mu$ l または 0.2  $\mu$ l 注射した。その後、休眠中の個体数、休眠覚醒した個体数、死亡個体数を調べ、休眠覚醒率を評価した。得られた結果を表 3 に示す。

(表 3)

抗血清が天蚕前幼虫の休眠覚醒に及ぼす影響

注射した試料 (注射量)	N	昆 虫 の 数			休眠覚醒率 (%)	
		休眠	休眠 覚醒	死亡		
前血清						
0.1 $\mu$ l	10×3	30	0	0	0	
0.2 $\mu$ l	10×3	30	0	0	0	
抗血清						
0.1 $\mu$ l	10×3	27	3	0	10.0	
0.2 $\mu$ l	10×3	19	11	0	36.7	

表 3 から明らかなように、対照区の前血清を注射した場合では、0.1  $\mu$ l、0.2  $\mu$ l とともに休眠覚醒した前幼虫は確認されず、すべて休眠したままであった。しかし、抗血清を注射した場合、0.1  $\mu$ l では 10%、0.2  $\mu$ l では約 37% も休眠覚醒することができ、抗血清の増加と共に休眠覚醒率が上昇した。これらの結果は、本発明のペプチドが、生体内で休眠の維持を制御する物質であるこ



とを証明するものである。図8 (A)は、 $0.2 \mu\text{l}$ の前血清を注射した天蚕前幼虫で、休眠継続の状態を示す写真であり、図8 (B)は、 $0.2 \mu\text{l}$ の抗血清を注射した天蚕前幼虫で、休眠覚醒の状態を示す写真である。以上の表3および図8 (A)、(B)の結果から、構造決定した本発明のペプチドは、天蚕の前幼虫体内で休眠の維持を制御している因子であることが実証できた。

(実施例6) ペンタペプチドによるラット肝ガン細胞(dRLh84)の増殖制御効果：

ガン細胞の増殖に及ぼすペンタペプチドの制御効果を次のようにして調べた。ガン細胞としては、比較的簡単に入手し易く、しかも細胞培養が容易であるラット肝ガン細胞(dRLh84)を用いた。本発明の生理活性物質(RF-NH<sub>2</sub>)とガン細胞増殖の関係を明らかにするために、対照区として、細胞培地にPBS(-)を添加したもの、実験区として、細胞培地に上記C末端がアミド化されているタイプのRF-NH<sub>2</sub>およびC末端が遊離酸化されているRF-COOHを、それぞれ、 $200 \mu\text{g/ml}$ 添加したものをを用いて培養を行った。培養細胞数を $3 \sim 5 \times 10^5$ 個に調整し、所定量の各ペプチドを添加し、または添加しないで、5%CO<sub>2</sub>の存在下、37℃で培養した。培養24時間後と48時間後の培養液について、ガン細胞の形態的な観察を倒立顕微鏡下で直接行った。この顕微鏡写真を図9に示す。

図9から明らかなように、RF-NH<sub>2</sub>を添加した実験区では、24時間後および48時間後とも、培養開始時点(0時間)の細胞数と比較しても増加はほとんどなく、しかも48時間後には細胞の形態が紡錘形から丸形に変化していた。このような細胞の形態変化は、細胞が分裂活動の状態から分裂活動の停止状態へと変化したことを意味する。一方、対照区およびRF-COOHを添加した実験区では、24時間後および48時間後とも、培養開始時点の細胞数と比較して極めて顕著に増加していた。図9の結果は、本発明における生理活性物質を培養細胞に添加することによって、ラットのガン細胞の増殖が形態的に制御されることを意味している。

(実施例7) ペンタペプチド濃度によるラット肝ガン細胞(dRLh84)の増殖制御効果：

$3 \times 10^5$ 個のdRLh84ラット肝ガン細胞に対し所定の濃度(0、50、100、150、 $200 \mu\text{g/ml}$ )となるようにペプチド(DILRG-NH<sub>2</sub>またはDILRG-COOH)を細胞培地に添加し、5%CO<sub>2</sub>存在下、37℃で40時間培養した。その後トリパ

ンブルで処理し生細胞数を計測した。得られた結果を図10に示す。

図10から明らかなように、実験区のRF-C00Hの場合、 $200 \mu\text{g}/\text{ml}$ の高濃度でも生細胞数は $1.4 \times 10^5$ 個のレベルで増殖活性にほとんど変化は認められない。しかし、RF-NH添加区では、 $50 \mu\text{g}/\text{ml}$ 濃度から生細胞数は顕著に減少し、 $200 \mu\text{g}/\text{ml}$ の高濃度では対照区の約半分の生細胞数に当たる $7 \times 10^4$ 個のレベルまで減少した。図10から、実施例6において形態的に観察したRF-NHによるガン細胞増殖制御が生細胞数の減少と符合することがわかる。また、本発明における生理活性物質でC末端がアミド化されたペプチドには、顕著なガン細胞の増殖制御効果があるが、C末端が遊離酸化されているタイプのペプチドにおいては制御効果がまったく発現しなかったことがわかる。

(実施例8) ラット肝ガン細胞(dRLh84)増殖能力と培養時間との関係：

実施例6と7の結果から、昆虫の生理活性物質がラット肝ガン細胞の増殖を制御することが明らかになった。そこで、本発明の生理活性物質を用いてガン細胞の増殖能力と培養時間との関係を検討するために、培養時間を延長して培養を行った。培養法としては、実施例7と同様の方法で行った。培養時間は72時間まで延長し、対照区としてはPBS(-)を使用し、また、実験区としては、 $3 \times 10^5$ 個の細胞に対し濃度が $200 \mu\text{g}/\text{ml}$ となるようにペプチド(DILRG-NH<sub>2</sub>)を細胞培地に添加し、5%CO<sub>2</sub>存在下、37℃で24、48、72時間それぞれ培養した。その後、トリパンブルーで処理して生細胞数を計測した。得られた結果を図11に示す。

図11から明らかなように、細胞数が、対照区では培養後72時間まで培養時間が増すに従って急激に増殖し、生細胞数が $3 \times 10^5$ 個から $60 \times 10^5$ 個まで20倍以上にも増大した。一方、実験区では72時間の間に細胞数が $3 \times 10^5$ 個から $8 \times 10^5$ 個と2.7倍の増加を示したに過ぎなかった。この結果は、本発明の生理活性物質がガン細胞増殖能力を7.5分の1レベルに制御することを意味するものである。すなわち、本発明の生理活性物質は、ガン細胞増殖能を、かなりのレベルで制御する効果を発揮していることが明らかである。

次いで、上記ペプチド添加培地の培養後48時間の培養液から培養細胞だけを新鮮な培地に移し変えて、上記と同じ培養条件で培養し、その後のガン細胞の増

殖量変化を調べた。その結果、増殖が一旦制御されていたガン細胞は、対照区のPBS(-)添加の場合と同様に急速に増殖を開始した。従って、このことは、ガン細胞制御のためには本発明のペプチドの存在が常時不可欠であること、さらに、このペプチドによりあらゆる生物の細胞増殖を可逆的に制御できることを示唆するものである。

(実施例9) ペプチド添加による細胞周期変化の解析：

実施例6、7、および8(図9、10、および11)により、本発明の生理活性物質がラット肝ガン細胞の増殖能力を制御することは実証できた。次に、その制御のメカニズムを検討することにした。濃度が $200\mu\text{g/ml}$ となるようにペプチド(DILRG-NH<sub>2</sub>)を実施例6と同じ条件で培地に添加して、培養し、48時間培養した細胞をエタノール固定後、ヨウ化プロピジウム染色を行った。また、対照区としてPBS(-)を添加したものについても同様に処理した。細胞のDNA含量をフローサイトメーターを用いて解析した。得られた結果を図12(A)および(B)に示す。なお、この目的のために、フローサイトメトリー解析を使用するが、この方法は、DNA結合性の蛍光色素であるヨウ化プロピジウムで染色して、DNA含量を測定するものであり、細胞周期制御の解析が可能となる。すなわち、生物細胞は分裂しながらG0/G1、S(DNA複製期)、そしてM期(細胞分裂期)へと周期変化を起こしながら増殖する。図12(A)および(B)は個々のガン細胞のDNA量をフローサイトメーターを用いて測定し、解析したものである。図12(A)および(B)に示したように、PBS(-)添加の対照区(図12(A))とRF-NH<sub>2</sub>添加の実験区(図12(B))における細胞周期変化によれば、ペプチド添加および無添加により、ラット肝ガン細胞周期への影響パターンが異なることが推測された。

次に、図12(A)および(B)で見られたパターンを詳細に計測した。G0/G1期では、DNA量は $2n$ であるのに対し、M期では2倍の $4n$ となる。図12(A)および(B)の解析で $2n$ のDNA量は360に、そして $4n$ のDNAはDNA量は700に対応したピークまたは幅広いピークに対応する。図12(A)および(B)に示す細胞周期変化の解析パターンがG0/G1、S、M期に特色のあるピークの線型結合からなると仮定し、それぞれの成分に分割する

ことにより各ステージの細胞の割合が求められる。得られた結果を表4に掲げる。

(表4)

各ステージの細胞の割合 (%)		
細胞周期ステージ	対照区 (PBS (-) 添加)	実験区 (DILRG - NH <sub>2</sub> 添加)
G 0 / G 1 期	5 0 . 5 3	6 6 . 0 7
S 期	3 7 . 5 5	2 1 . 8 4
G 2 / M 期	1 1 . 9 2	1 2 . 1 0

表4から明らかなように、細胞周期ステージのG 2 (有糸分裂準備期) とM期 (細胞分裂期) (表中では、G 2 / M 期に符合) の細胞割合は、対照区が1 1 . 9 2 %、実験区が1 2 . 1 0 %であり、両者ともほとんど変わらないが、G 0 期 (静止期) とG 1 期 (DNA複製決定期) (表中では、G 0 / G 1 期と符合) の細胞割合は、対照区が5 0 . 5 3 %であるのに対し、実験区が6 6 . 0 7 %であり、実験区の方が対照区より3割以上多かった。また、S期 (DNA複製期) の場合は逆に、対照区の3 7 . 5 5 %に対し、実験区は2 1 . 8 4 %であり、実験区の方が対照区より4割以上少なかった。従って、この結果は、本発明の生理活性物質が細胞周期のG 0 とG 1 の両ステージを増大させるように作用し、それによってS期が少なくなり、生細胞数の増殖が制御されたことを実証するものである。

(実施例10) 本発明の生理活性物質の構造と細胞増殖制御効果の関係：

実施例6、7、および8の結果から、昆虫の生理活性物質がラット肝ガン細胞に対して増殖制御効果を有することを明らかにすることができた。さらに、実施例9の結果から、そのメカニズムとして細胞周期を制御することで細胞増殖の制御を発現することを示すことができた。そこで、この物質の5個のアミノ酸配列のどの部分が構造的に不可欠であるか検討することにした。培養法としては、実施例6と同様の方法で行ったが、対照区としては、PBS(-)と、棘皮動物から昆虫および哺乳類までにわたって広範に存在する4個のアミノ酸から構成され、C末

端がアミド化されているFMRF-NH<sub>2</sub>とをそれぞれ使用した。実験区としては、 $2.6 \times 10^5$ 個の細胞に対して濃度が $200 \mu\text{g/ml}$ となるように完全合成ペプチド(DILRG-NH<sub>2</sub>)またはN末端のアスパラギン酸を欠いた不完全合成ペプチド(ILRG-NH<sub>2</sub>)を細胞培地に添加したものを使用した。対照区と実験区のそれぞれについて、5%CO<sub>2</sub>存在下、37℃で48時間培養した。その後、トリパンブルーで処理し生細胞数を計測した。得られた結果を図13に示す。

図13から明らかなように、対照区のPBS(-)やFMRF-NH<sub>2</sub>では、生細胞数は $1.9 \times 10^5 \sim 1.9 \times 10^6$ 個のレベルであり、完全合成ペプチドの場合には $7.7 \times 10^5$ 個であり、細胞数で1桁異なる増殖制御が確認された。また、N末端を欠いた不完全合成ペプチドの場合は、 $8.4 \times 10^5$ 個と完全合成ペプチドよりはやや増殖細胞数が多いが、十分な増殖制御効果が認められた。従って、増殖制御効果を発現するペプチドとしては、C末端がアミド化されていると共に、休眠制御物質のN末端のアスパラギン酸を欠いたILRGでも効果的であることを明らかにすることができた。この結果は、4個から5個のアミノ酸配列をリード化合物としながら将来強力な細胞増殖制御剤を開発するためにも重要な情報となり得る。

### 産業上の利用の可能性

本発明の遺伝子Any-RFを有する休眠制御物質によれば、休眠中の前幼虫などに対して休眠覚醒させるように発育を運命づけたとしても、この休眠制御物質の投与により休眠覚醒を延長させたりまたは停止させたりすることができる。この休眠制御物質であるペプチドには、多様な生理活性と簡単な投与法が期待され得る。

本発明により昆虫休眠メカニズムの機構が明らかとなったので、休眠することが確認されている生物に対して本発明の休眠制御物質を適用することにより、これらの生物が休眠する本質である低エネルギー代謝の生命機構を解明することが可能となる。将来的には、長期わたって生命を維持せしめ得る物質の開発へと結びつき、最終的には長寿促進物質の開発のためのリード化合物ともなり得る。

また、本発明のペプチドは、低分子ペプチドであり、生体外から投与しても抗原抗体反応が起こり難く、しかも格別の発育制御活性を有していることから、こ

の構造そのままでも種々の休眠型生物に直接投与できる。特に高等動物においても、本ペプチドのような低分子ペプチドは抗原とはなり難いので、生体外からの合成ペプチドの投与によって、可能性のある機能について簡易に試験・研究ができるという利点がある。

本発明の生理活性物質であるペプチドは、5個のアミノ酸からなるペンタペプチド（分子量570、595）、または4個のアミノ酸からなるテトラペプチド（分子量456、58）であるため、蚕由来のセクロピン（分子量約4K）およびモンシロチョウ由来のピエリシン（分子量98K）と比較して、生体に投与しても抗原抗体反応が起こり難く、しかも抗ガン活性という特異的な機能を有しているため、抗ガン剤開発のリード化合物としても有望なものである。

これらの本発明のペプチドはそのままでも種々の動物に直接投与できる。すなわち、ヒトだけでなく、家畜などの高等動物に対しても、本ペプチドのような低分子ペプチドは抗原とはなり難いので、該ペプチドの生体外からの投与によって、抗ガン機能を発揮させることができるという利点を持っている。また、本発明のペプチドは、抗原抗体反応を起こすことのない細胞増殖制御効果のある新しい医薬となり得る。

本発明の遺伝子Any-REを有する生理活性物質である低分子ペプチドは、副作用を伴わずに効率的にガン細胞の増殖を阻害する機能を持つので、ヒトの子宮ガン、肝臓ガン、肺ガン、胃ガン、乳ガンなどの細胞増殖を効率的に制御し、ひいては生体細胞の細胞制御を効率的に行うことができる。この生理活性物質は、ガン細胞の生細胞を増加させない機能（図9、図10、および図11）を持つとともに、生存するガン細胞に対して、ガン細胞の周期ステージを変化させ、一旦休止状態にさせる点に大きな特徴がある。この点において従来の如何なる抗ガン剤の作用機序とも異なっており、医薬品として極めて有用である。すなわち、本発明の生理活性物質は、DNA複製期に相当するS期を減少させ、静止期のG0ならびに第1期に符合するG1期を延長させる機能を持つ。これに対し、セクロピンにしろピエリシンにしろ、ガン細胞でアポトーシス（細胞死）を誘導し、その結果、ガン細胞の増殖を阻害しているに過ぎない。かくして、本発明の生理活性物質は、上記セクロピンやピエリシンを含めた従来の抗ガン剤が持つ正常細胞へ

のアポトーシス問題を解消し、静止期にある多くの正常細胞へは影響もなく、増殖細胞だけを制御するという優れた働きを持ち、ガン細胞の増殖を効率的に阻害する。

一般に、分化成熟した正常細胞のG 0 期とG 1 期が最も長い時間を要するといわれている。しかし、ガン細胞のG 0 期とG 1 期は短時間である。その両ステージを増大するように作用する本発明の生理活性物質は、従来報告されている昆虫由来のガン細胞制御効果物質とは根本的に異なっている。従来のものはアポトーシスに伴う核の凝縮や断片化を誘導し、その結果、生細胞数を減少せしめるものである。しかし、本発明の生理活性物質の機能は、細胞周期のG 0 とG 1 を増大しS 期を減少させ、その結果、生細胞の細胞周期が長時間となり、最終的には増殖を制御することにある。従って、本発明の生理活性物質は、ガン細胞増殖において細胞死を誘導するのではなく、細胞周期を制御し細胞の増殖を制御することで細胞数が増えないように作用している。

本発明の生理活性物質は、上記したように、生理活性機能の一つとして、天蚕前幼虫の休眠を長く維持するように作用する。一般に生物の休眠とは、細胞の増殖が停止し低エネルギー状態を維持することが特徴と考えられている。従って、この物質の機能を多面的に応用する一例として、哺乳類のガン細胞増殖を制御する目的においても活用できる。さらに、多くの生物細胞の増殖を抑えると考えられるので、細胞レベル・個体レベルでの培養細胞の長期保存剤としても利用できる。

## 請求の範囲

1. 配列表の配列番号 1 に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端がアミド化されており、分子量が570,959であるタンパク質をコードする遺伝子Any-RF。
2. 前記タンパク質が睡眠制御活性を有するものである請求項 1 記載の遺伝子Any-RF。
3. 前記タンパク質が天蚕の前幼虫由来のものである請求項 1 または 2 記載の遺伝子Any-RF。
4. 配列表の配列番号 1 に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端がアミド化されており、分子量が570,959であって、睡眠制御活性を有することを特徴とする睡眠制御物質。
5. 前記睡眠制御物質が天蚕の前幼虫由来のものである請求項 4 記載の睡眠制御物質。
6. 昆虫の前幼虫体を粉砕したものに、メタノール：水：酢酸からなる酸メタノール液を加え、摩砕後、遠心処理し、得られた上清を逆相高速液体クロマトグラフィおよび混合分離モード高速液体クロマトグラフィに導入することにより、配列表の配列番号 1 に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、かつC末端がアミド化されており、分子量が570,959である睡眠制御物質を得ることを特徴とする睡眠制御物質の製造方法。
7. 配列表の配列番号 1 に示すアミノ酸配列、Asp-Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端がアミド化されており、分子量が570,959であるペプチドを有効成分として含有する生体細胞の細胞制御剤。
8. 前記細胞制御剤がガン細胞増殖制御剤である請求項 7 記載の生体細胞の細胞制御剤。
9. 前記ペプチドが天蚕の前幼虫由来のものである請求項 7 または 8 記載の生体細胞の細胞制御剤。
10. 配列表の配列番号 1 に示すアミノ酸配列からN末端のAspを欠いたアミノ酸配



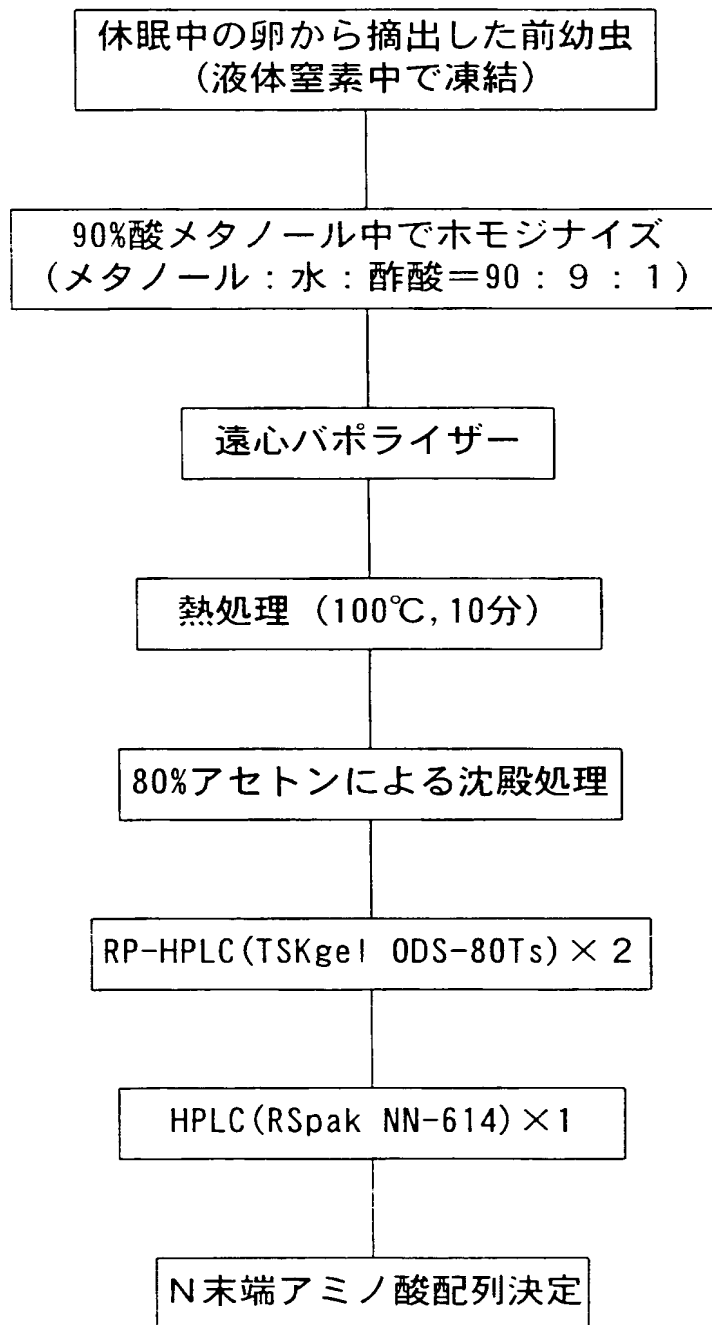
列、Ile-Leu-Arg-Glyを有し、C末端がアミド化されており、分子量が456.58であるペプチドを有効成分として含有する生体細胞の細胞制御剤。

11. 前記細胞制御剤がガン細胞増殖制御剤である請求項10記載の生体細胞の細胞制御剤。

12. 前記ペプチドが天蚕の前幼虫由来のものである請求項10または11記載の生体細胞の細胞制御剤。

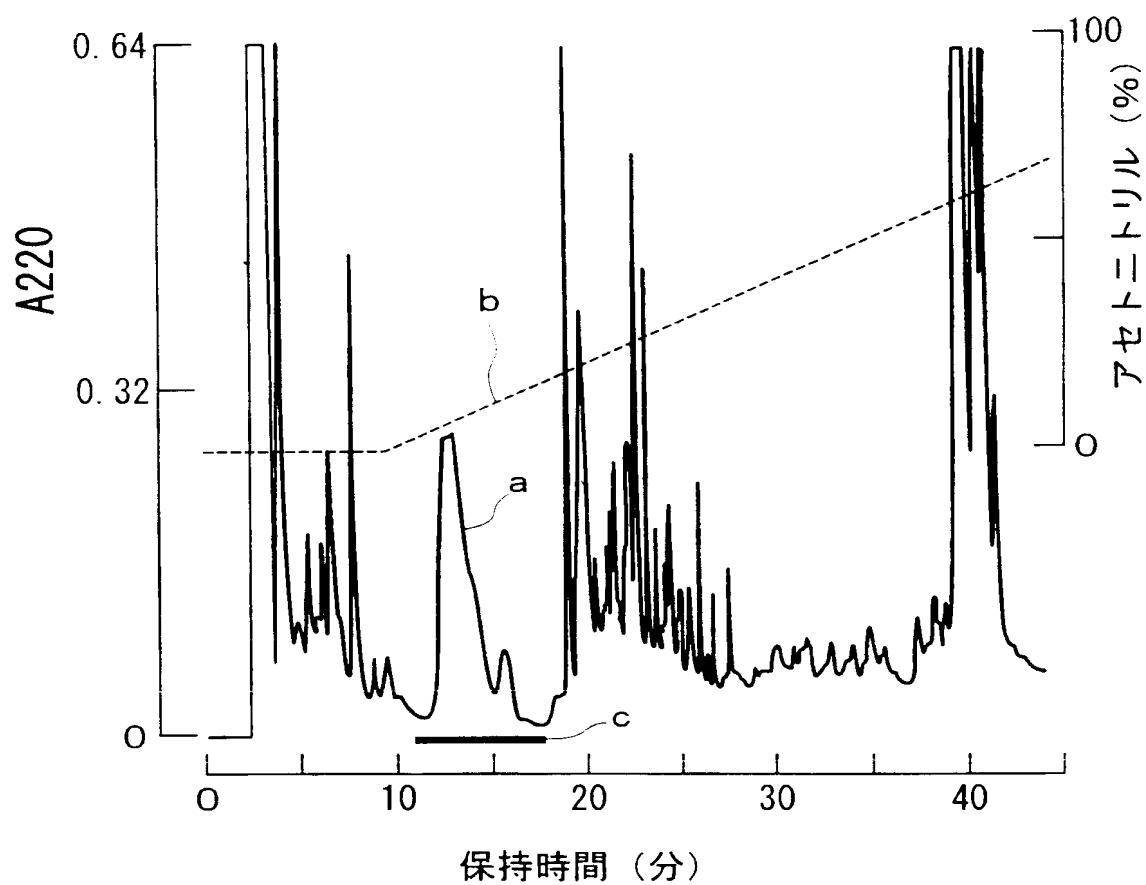


【図 1】



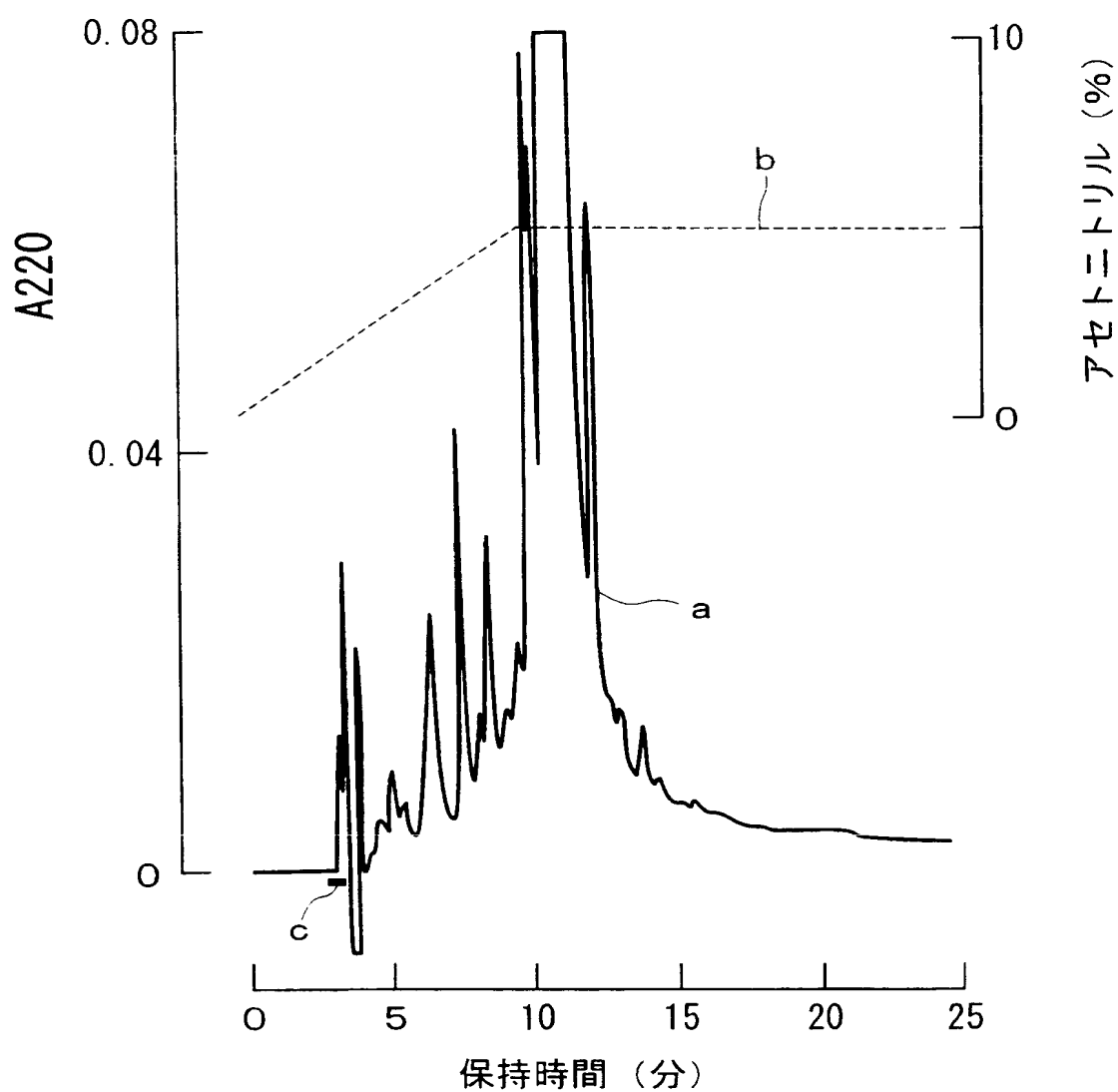


【図 2】





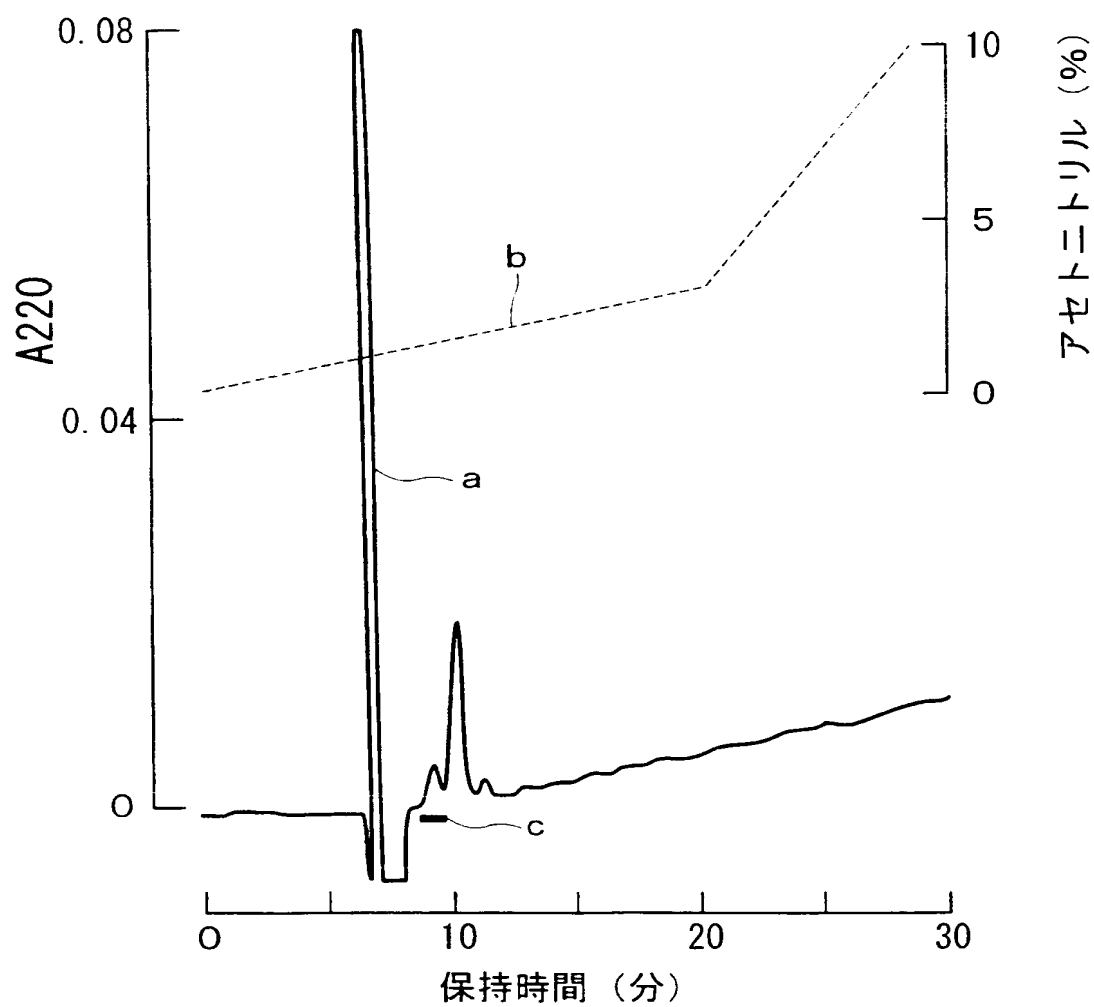
【図 3】





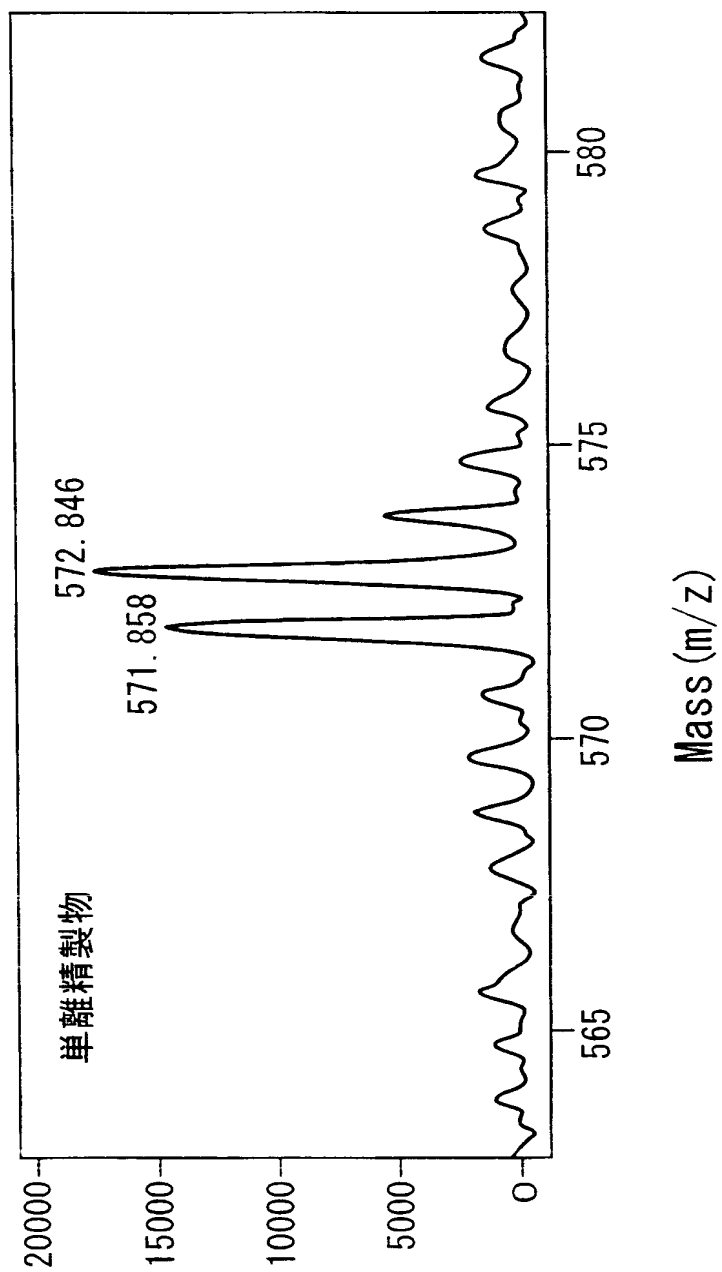


【図 4】



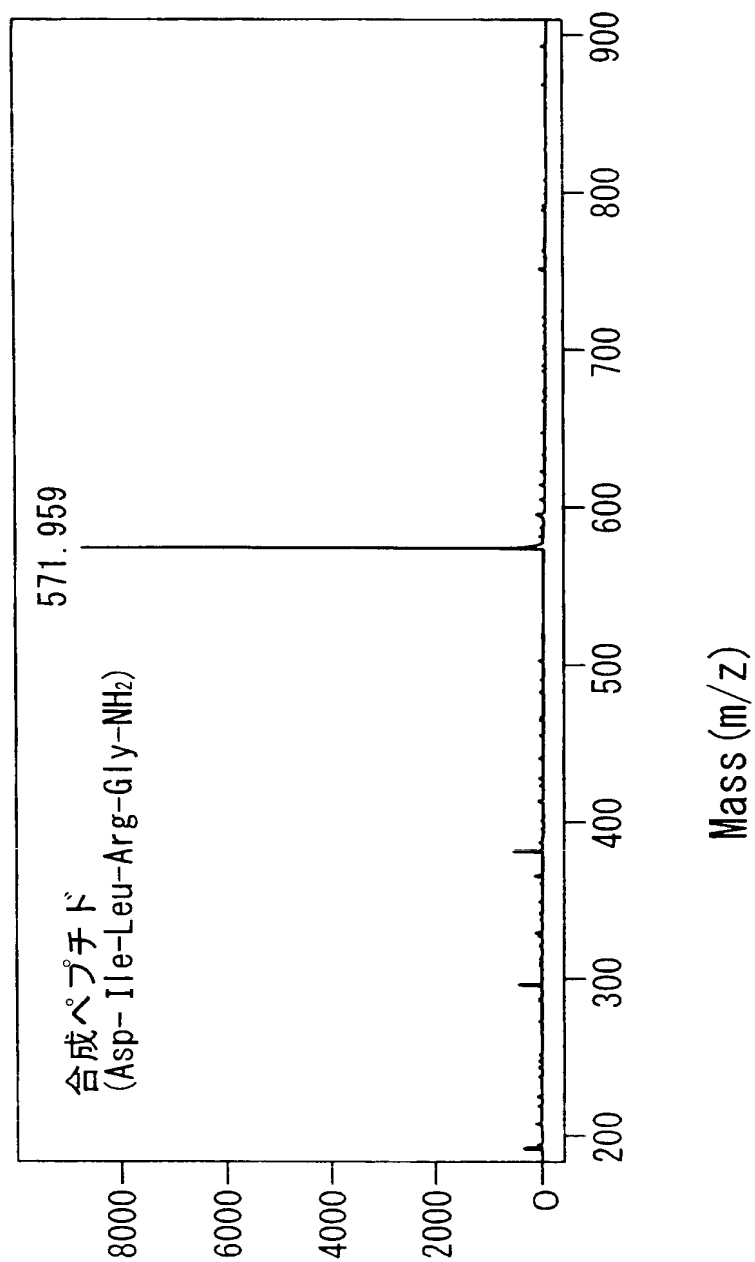


【図5】



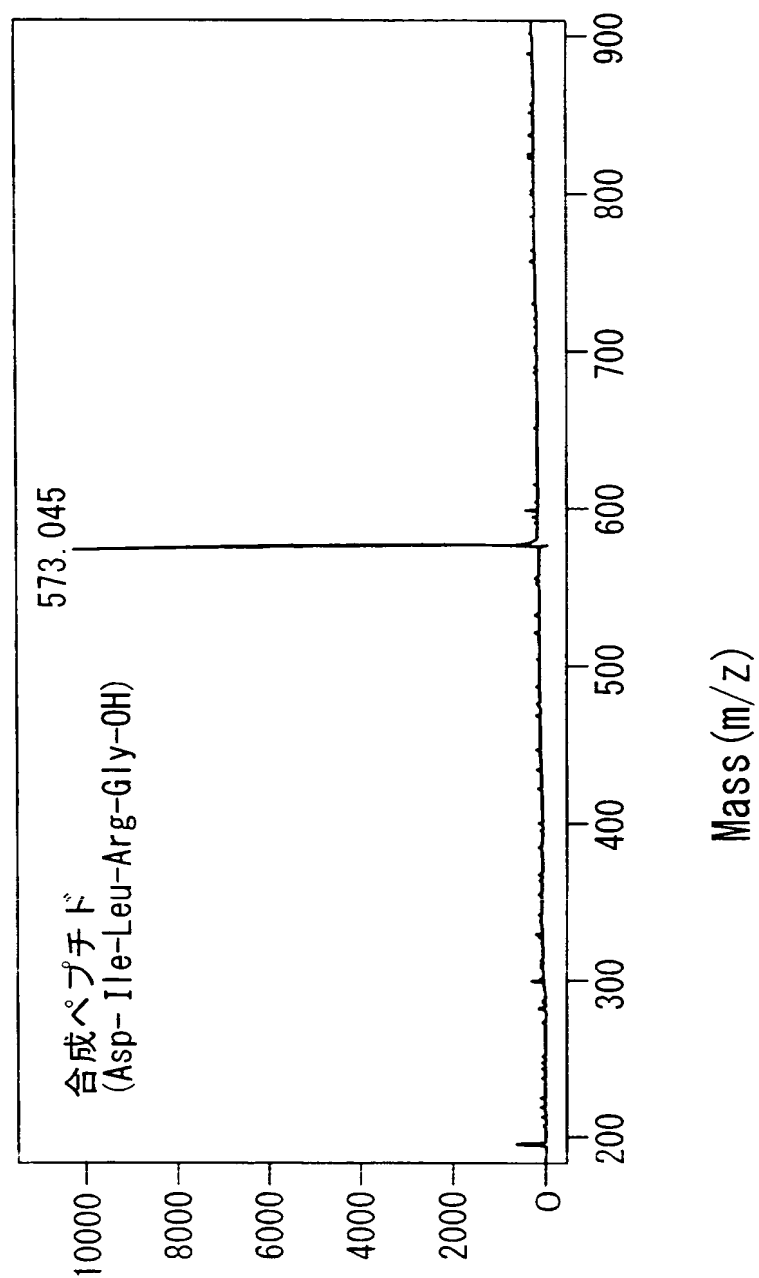


【図6】





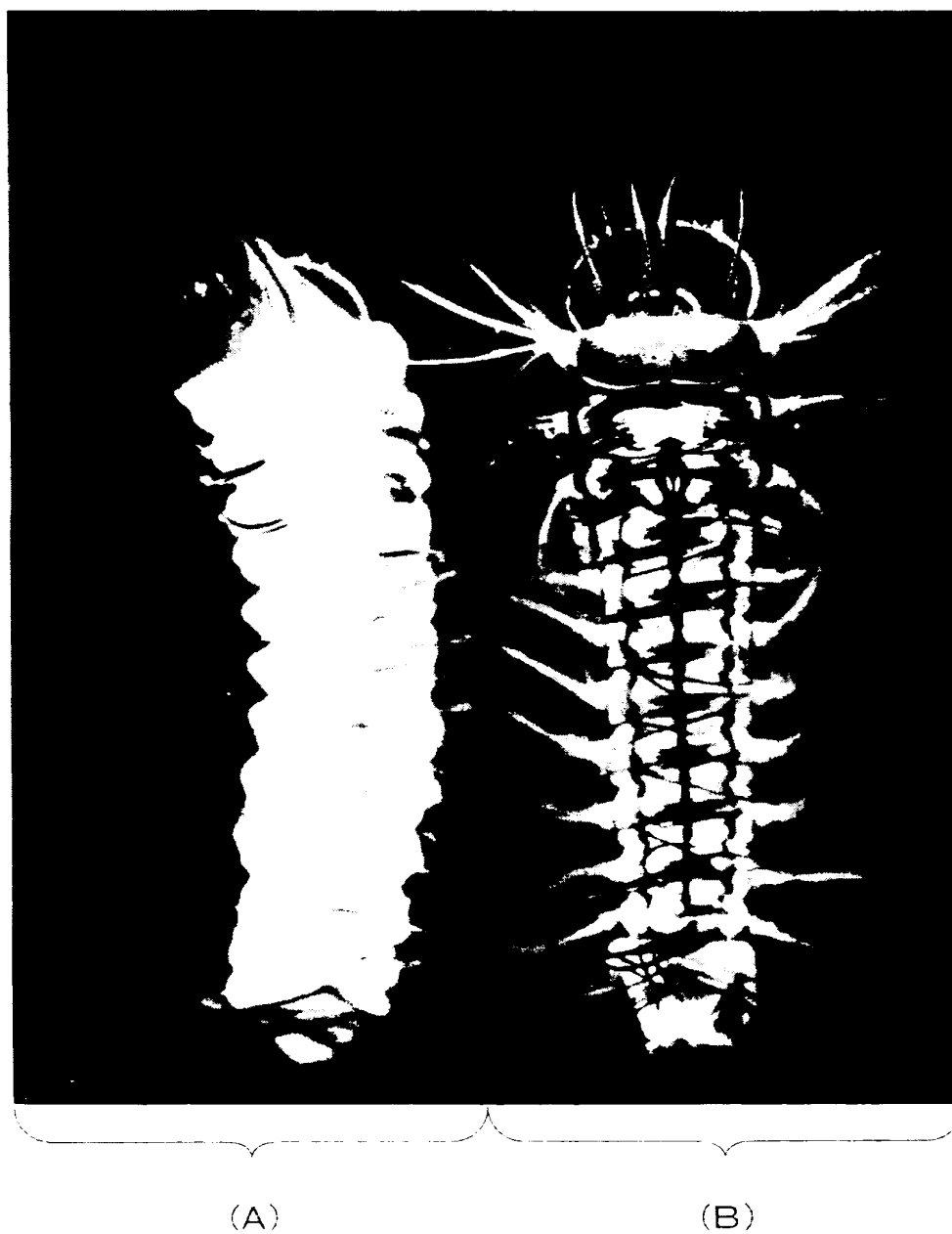
【図7】







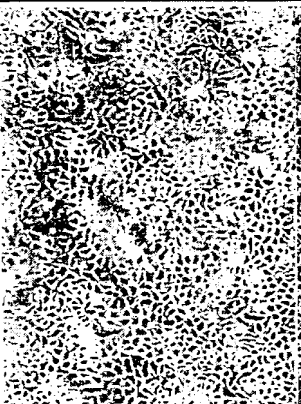

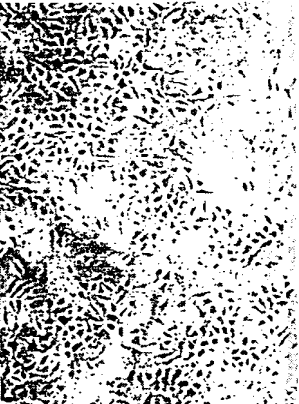

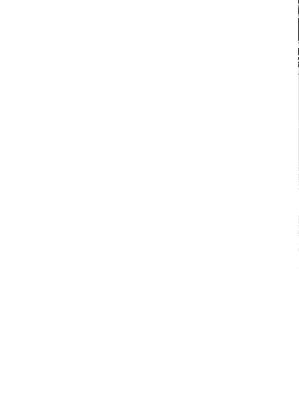
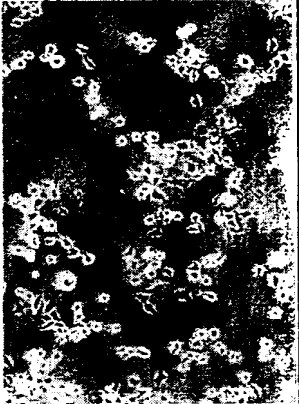



【図8】



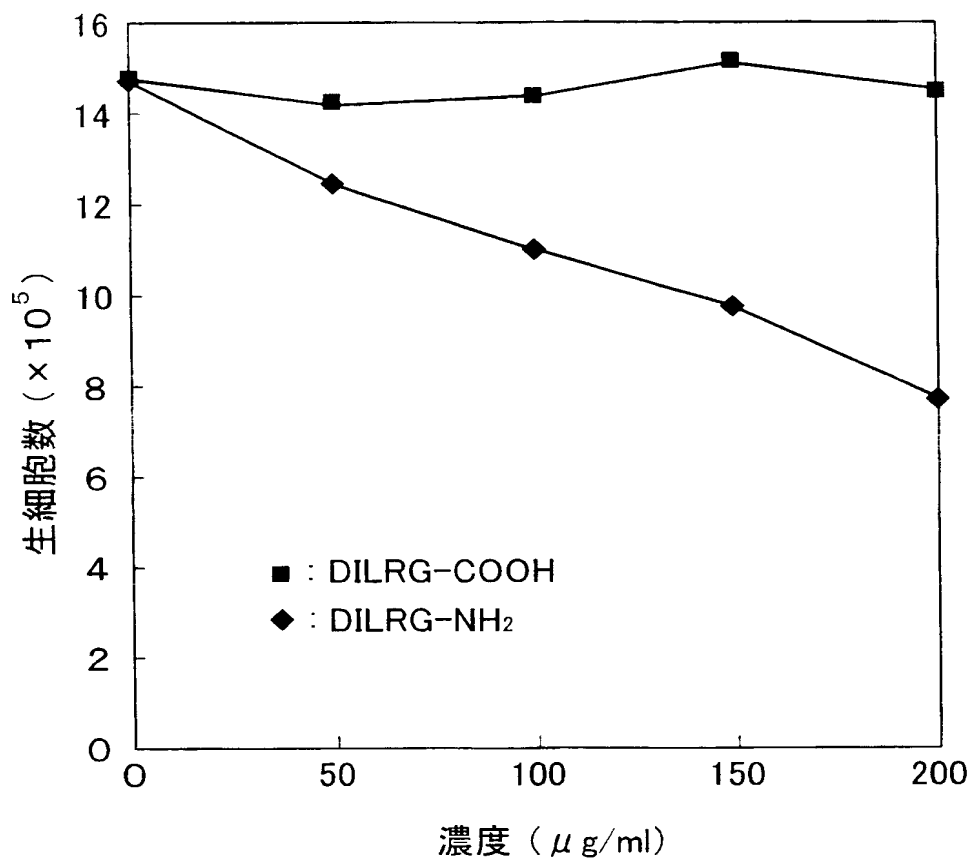


【図9】

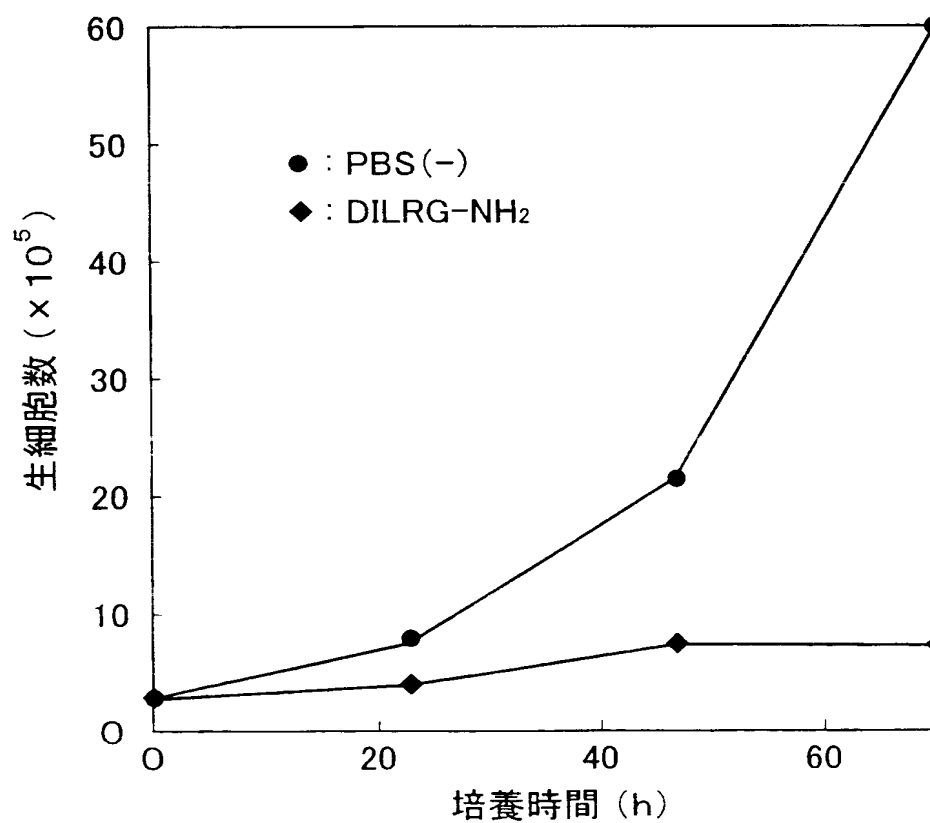
培養時間	0 時間	24 時間	48 時間
実験区 (RF-COOH)			
対照区 (PBS (-))			
実験区 (RF-NH2)			



【図10】



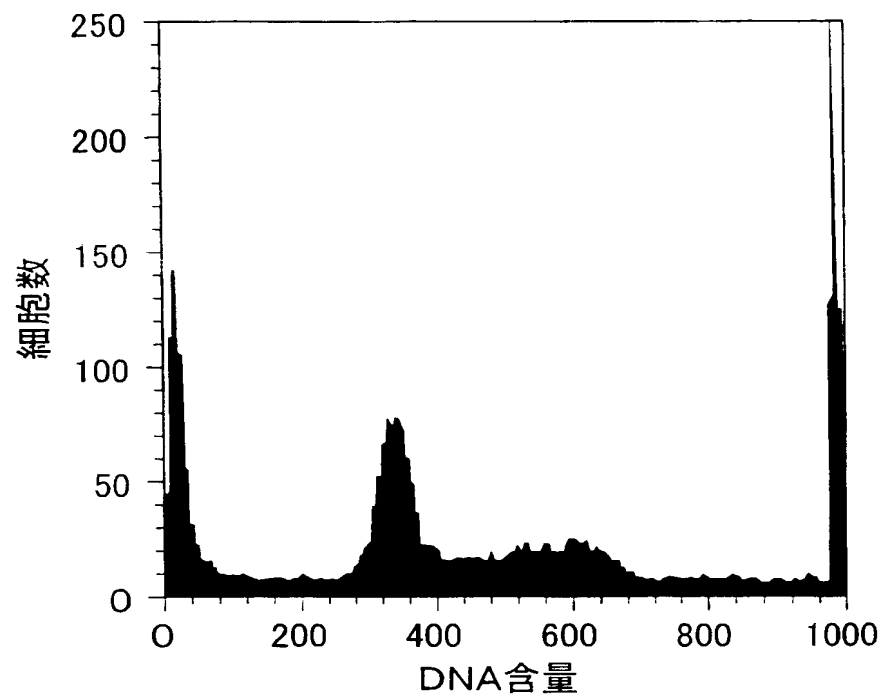
【図11】



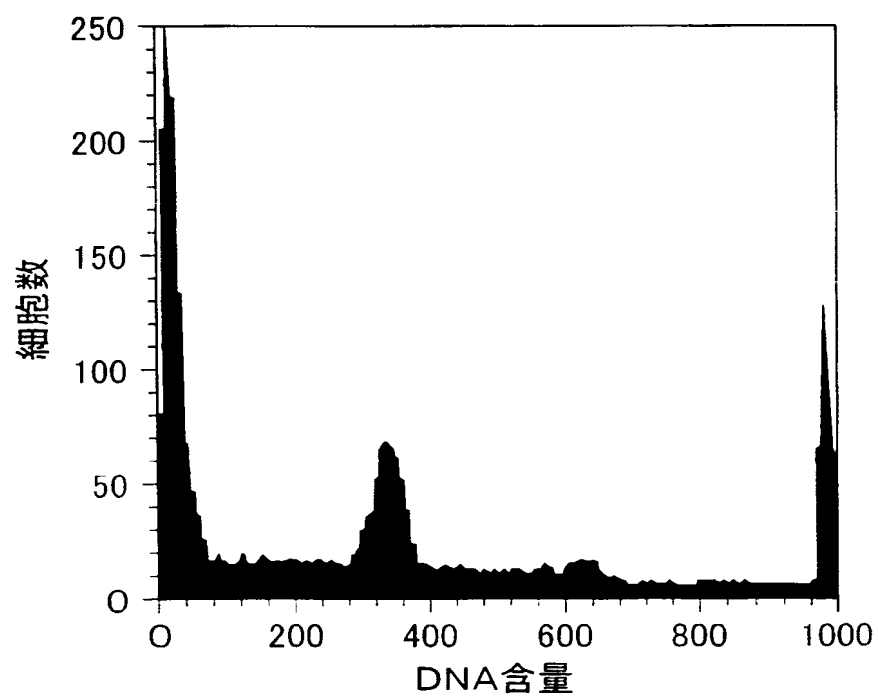


【図12】

(A)



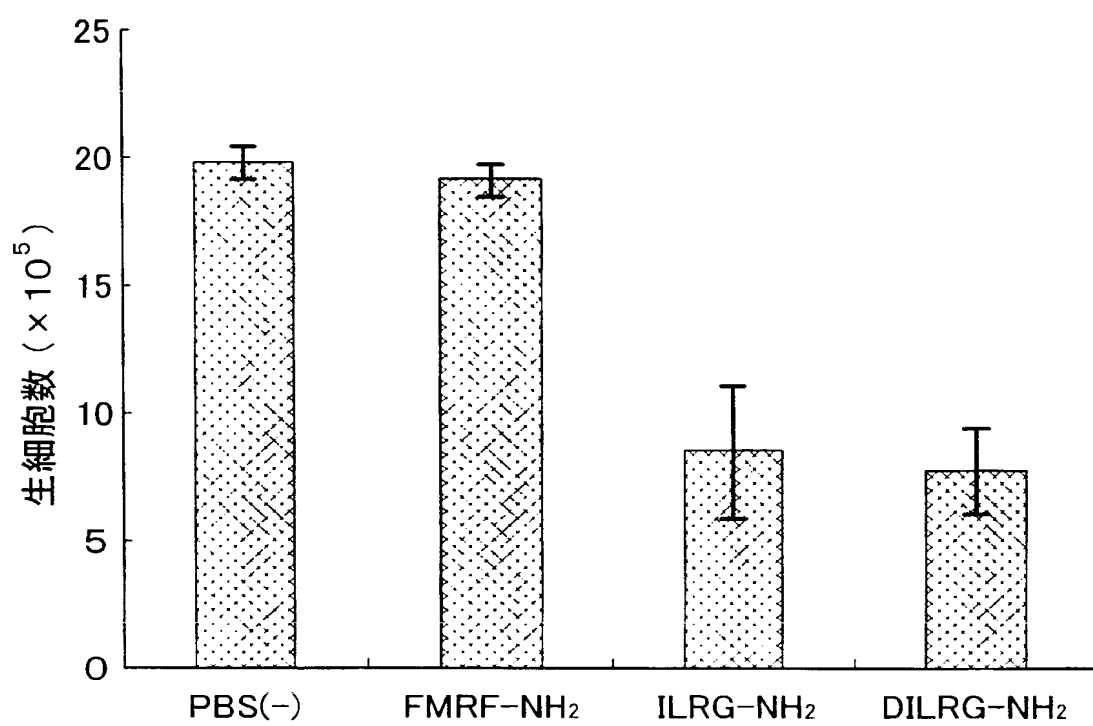
(B)







【図13】





## SEQUENCE LISTING

<110> Inoue, Hajime; Director General of National Institute of Sericultural and Entomological Science Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

<120> Gene Any-RF, Substance for Repressing Diapause and Method of Obtaining the Same, and Agent for Repressing Cells

<130> 20622

<160> 1

<210> 1

<211> 5

<212> PRT

<213> *Antheraea yamamai* Guerin-Meneville

<400> 1

Asp Ile Leu Arg Gly

1

5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/03388

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> C12N 15/12, C07K 14/435, A61K 38/02, A61P 35/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> C12N 15/12, C07K 14/435, A61K 38/02, A61P 35/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
CA (STN), REGISTRY (STN), WPI (DIALOG), BIOSIS (DIALOG)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Koichi Suzuki et al., "Control mechanism of diapause of the pharate first-instar larvae of the silkworm <i>Antheraea Yamamai</i> ", J. Insect Physiology (1990), Vol.36, No.11, p.855-860	1-12
A	Daivid Winder et al., "Expression of antimicrobial peptides has an antitumour effect in human cells", Biochemical and Biophysical Research Communications (1998), Vol.242, No.3, p.608-612	1-12
A	EP, 502696, A1 (SHIONOGI SEIYAKU KK), 09 September, 1992 (09.09.92) & US, 5322928, A & CA, 2062262, A & JP, 5-086095, A	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
15 August, 2000 (15.08.00)

Date of mailing of the international search report  
05 September, 2000 (05.09.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/03388

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>1</sup> C12N 15/12, C07K 14/435, A61K 38/02, A61P 35/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>1</sup> C12N 15/12, C07K 14/435, A61K 38/02, A61P 35/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

CA(STN), REGISTRY(STN), WPI(DIALOG), BIOSIS(DIALOG)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	Koichi Suzuki et al., "Control mechanism of diapause of the pharate first-instar larvae of the silkworm <i>Antheraea Yamamai</i> ", J. Insect Physiology (1990), Vol. 36, No. 11, p. 855-860	1-12
A	Daivid Winder et al., "Expression of antimicrobial peptides has an antitumour effect in human cells", Biochemical and Biophysical Research Communications (1998), Vol. 242, No. 3, p. 608-612	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.08.00

国際調査報告の発送日

05.09.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関二丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

本間 夏子



4N

9637

電話番号 03-3581-1101 内線 3488

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	EP, 502696, A1 (SHIONOGI SEIYAKU KK) 9.9月. 1992 (09.09.92) & US, 5322928, A & CA, 2062262, A & JP, 5-086095, A	1 - 12